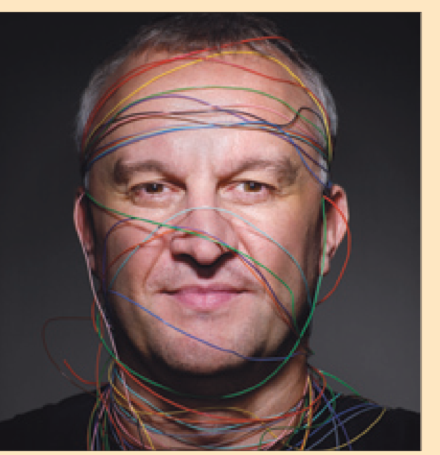


تصدر في دولة الكويت منذ عام 1986 عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

المجلد 29 ـ العددان 12/11
نوفمبر/ ديسمبر 2013

SCIENTIFIC
AMERICAN
November / December 2013



حدّ الإنترنت
مقابلة مع عالِم الحاسوب هوفمان



تاريخ طويل للأغذية المُصنَّعة



بذور الخرف

كشّاف موضوعات العلوم
2013

تقرير خاص:





- إدمان فرط الأكل
- هل الأغذية المعدلة جينياً مضرة ؟
- ما الذي يجعلك بديناً ؟
- كل ما تعرفه عن الكالوريات خاطىء
- بداية الطهي
- بكتيرات تُستخدم بدائل لمبيدات حشرية
- عودة النحل البلدي
- كيف (ولماذا) نأكل أنواعا حيوانية غازيَة سريعة الانتشار ؟

العددان: 307/ 308 ـ السعر: 1.500 دينار كويتي



الترجمة العربية لمجلة ساينتفيك أمريكان
تصدر شهريا في دولة الكويت عن
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

المجلد 29 ـ العددان 12/11 (2013)
308/307

مراسلات التحرير

توجه إلى: رئيس تحرير العلوم
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
شارع أحمد الجابر، الشرق – الكويت
ص.ب : 20856 الصفاة، الكويت 13069
عنوان البريد الإلكتروني: oloom@kfas.org.kw – موقع الوِب: www.oloommagazine.com
هاتف: 22428186(965+) – فاكس : 22403895(965+)

سعر العدد

الأردن	1.800	دينار	السودان	5.4	جنيه	الكويت	1.500	دينار	4	£	Britain
الإمارات	20	درهم	سوريا	100	ليرة	لبنان	2765	ليرة	2.5	CI	Cyprus
البحرين	1.800	دينار	الصومال	1497	شلن	ليبيا	1.7	دينار	6	€	France
تونس	2.5	دينار	العراق	1964	دينار	مصر	7	جنيه	6	€	Greece
الجزائر	105	دينار	عُمان	2	ريال	المغرب	30	درهم	6	€	Italy
جيبوتي	206	فرنك	فلسطين	1.25	U.S $	موريتانيا	889	أوقية	6	$	U.S.A.
السعودية	20	ريال	قطر	20	ريال	اليمن	250	ريال	6	€	Germany

▪ مراكز توزيع العلوم في الأقطار العربية (*انظر الصفحة 69*).

الاشتراكات

ترسل الطلبات إلى **قسم الاشتراكات** بالمجلة.

	بالدينار الكويتي	بالدولار الأمريكي
* للطلبة وللعاملين في سلك التدريس و/أو البحث العلمي	12	45
* للأفراد	16	56
* للمؤسسات	32	112

ملاحظة: تحول قيمة الاشتراك بشيك مسحوب على أحد البنوك في **دولة الكويت**.

شارك في هذا العدد

لينة أتاسي
علي الأمير
حسام بدار
حسين ثابت
مطيع جوني
محمد حسن حتاحت
عدنان الحموي
وسمية الحوطي
زياد درويش
نبيل الزهيري
قاسم سارة
غياث سمينة
نضال شمعون
أحمد الكفراوي
يوسف محمود
حاتم النجدي

بزيارة موقع المجلة **www.oloommagazine.com** يمكن الاطلاع على مقالات الإصدارات المختلفة اعتبارا من العدد 1995/1.
كما يمكن الاطلاع على قاموس مصطلحات العلوم باتباع التعليمات الواردة على الصفحة الرئيسية للموقع.

يمكن تزويد المشتركين في العلوم بنسخة مجانية من **قرص CD** يتضمن خلاصات مقالات هذه المجلة منذ نشأتها عام **1986** والكلمات الدالة عليها. ولتشغيل هذا القرص في جهاز **مُدعم بالعربية**، يرجى اتباع الخطوات التالية:

1- اختر Settings من start ثم اختر Control Panel
2- اختر Regional and Language Options
3- اختر Arabic من قائمة Standards and Formats ثم اضغط OK

المقالات

ترجمة أو مراجعة

تقرير خاص: قضية الغذاء

«*مجلة العلوم*» تصدر شهريًا في الكويت منذ عام 1986 عن «**مؤسسة الكويت للتقدم العلمي**» وهي مؤسسة أهلية ذات نفع عام، يرأس مجلس إدارتها صاحب السمو أمير دولة الكويت، وقد أنشئت عام 1976 بهدف المعاونة في التطور العلمي والحضاري في دولة الكويت والوطن العربي، وذلك من خلال دعم الأنشطة العلمية والاجتماعية والثقافية. و«مجلة العلوم» هي في ثلثي محتوياتها ترجمة لـ«***ساينتفيك أمريكان***» التي تعتبر من أهم المجلات العلمية في عالم اليوم. وتسعى هذه المجلة منذ نشأتها عام 1845 إلى تمكين القارئ غير المتخصص من متابعة تطورات معارف عصره العلمية والتقانية، وتوفير معرفة شمولية للقارئ المتخصص حول موضوع تخصصه. تصدر «***ساينتفيك أمريكان***» بثماني عشرة لغة عالمية، وتتميز بعرضها الشيق للمواد العلمية المتقدمة وباستخدامها القيّم للصور والرسوم الملونة والجداول.



المجلد 29 العددان 12/11
نوفمبر/ ديسمبر 2013

Majallat AlOloom

إدمان فرط الأكل(*)

بحوث جديدة على الدماغ توضح لمَ الدهون والسكريات ربما تعمل على دفع الناس أكثر فأكثر باتجاه البدانة.

<P. J. كيني>

هل سيخاطر فأر بحياته لمجرد إشباع رغبته بالشوكولاتة؟ هذا ما اكتشفتُه مؤخرا. ففي المختبر الذي أعمل فيه أتحنا للفئران قدرا غير محدد من الحصص المخصصة لها من الطعام المعياري، إضافة إلى مقصف صغير (كافتيريا) مليء بالطعام الذي يفتح الشهية والعالي **الكالوريات** calories، مثل النقانق وكعكة الجبن والشوكولاتة. فما كان من هذه الفئران إلا أن أنقصت من تناول الطعام الصحي، والذي يكاد طعمه يخلو من الحلاوة، واقتصرت في أغلب الأحيان على الطعام المتوفر في المقصف. فزادت أوزانها، وصارت بدينة.

وعند ذلك، عمدنا إلى تحذير الفئران أثناء تناولها الطعام، بإصدار وميض ضوئي، بأنها ستتلقى صدمة مؤلمة على أقدامها. فالفئران التي تأكل الطعام غير المحلّى توقفت – على وجه السرعة – عن المضغ وانزوت بعيدا، أما الفئران البدينة فكانت تواصل التهام الطعام المحلّى مرة بعد أخرى، متجاهلة التحذيرات التي تلقت التدريب على الخوف منها. فرغبتها بالاستمتاع بالطعام المحلى تتغلب على شعورها الأساسي بالبقاء على قيد الحياة.

وقد ضاهت دراستُنا دراسة سابقة أجراها <B. إيڤرتّ> [من جامعة كامبريدج]، إلا أن فئرانه علقت في الإدمان على الكوكايين.

فهل ينطبق ذلك على إدمان الفئران على الإفراط في الأكل؟ والشائع في الإدمان عدم القدرة على كبت أحد التصرفات، على الرغم من عواقبه السلبية. فقد كشف العلماء عن سلوكيات قسرية لدى بعض الناس، إذ يقول البدناء جميعهم إنهم يودون تناول كمية أقل من الطعام، إلاّ أنهم يواصلون الإفراط في الأكل حتى ولو كانوا يعرفون أن تصرفهم هذا قد يعود عليهم بنتائج صحية سلبية صادمة أو بعواقب اجتماعية. فقد أظهرت الدراسات أن الإفراط في الأكل يُفعِّل نظام المكافآت في أدمغتنا وإلى القدر الذي يتغلب فيه لدى بعض الناس على الطاقة الدماغية التي كانت تحثهم على التوقف عن الأكل عندما يصلون إلى حد الاكتفاء منه. ويشبه ذلك ما يحدث لدى المدمنين على الكحول أو على المخدرات، فكلما زادت كمية ما يتناولونه منها زادت الكمية التي يرغبون في تناولها. وسواء كان الإفراط في الأكل يعتبر إدمانا أو لا، فإنه إذا كان يثير في الدماغ الدارات ذاتها التي يثيرها تعاطي الأدوية المسببة للإدمان على المخدرات، فبالطريقة ذاتها، يمكن للمعالجات الدوائية التي تقلل من نشاط نظام المكافآت أن تساعد البدناء على تناول كمية أقل من الطعام.

هرمونات مريبة(**)

حتى بداية تسعينات القرن الماضي، كان المجتمع ينظر إلى **البدانة** obesity على أنها اضطراب سلوكي: فالأشخاص المصابون بزيادة الوزن يفتقدون إلى قوة الإرادة وضبط النفس. ومنذ ذلك الحين، تغيرت النظرة إلى البدانة تغيرا

(*) THE FOOD ADDICTION
(**) SUSPICIOUS HORMONES

باختصار

أظهرت العلوم الحديثة أن الإفراط في الأكل (فرط الأكل) ليس اضطرابا سلوكيا، مثل فقدان القدرة على التحكم في النفس، وأنه لاينجم عن اختلال هرموني.

وعوضا عن ذلك، يمكن **للأطعمة الغنية** بالدهون والسكريات أن تسبب شحنا فائقا لنظام المكافأة في الدماغ، الذي يمكن أن يتغلب على قدرة الدماغ الإيعاز للشخص بالتوقف عن الأكل؛ وفي هذه الحالات، كلما ازدادت كمية الطعام التي يتناولها الشخص زادت رغبته أو رغبتها في الازدياد منه.

إن الدواء **ريمونابانت** rimonabant الذي يخفف من الرغبة في النيكوتين لدى من يتعاطى تدخين التبغ، يمكنه أن يقلل الرغبة في تناول الطعام، إلا أن له تأثيرات جانبية خطيرة. وثمة حاجة ماسة إلى مزيد من العمل لتحديد ما إذا كانت شبكات الإفراط في الأكل في الدماغ تماثل في مساراتها الإدمان على المخدرات، وإذا كان الأمر كذلك، فهل يمكن للمعالجات التي تستخدم في الإدمان أن تخفف من وباء البدانة؟



المؤلف

Paul J. Kenny

<كيني> أستاذ مشارك في معهد سكريبس للبحوث في جيوبتر بفلوريدا، ومختبره يبحث في آليات الإدمان على الأدوية، والبدانة والفُصام، وكذلك في الأدوية المعالجة لهذه الاضطرابات.

حاسما، في المجتمع العلمي على الأقل.

وقد نشــأ التغير الأول في الآراء عن الأعمــال الرائدة التي قــام بها <D. كولمان> [من مختبر جاكســون في بار هاربر بولاية مين] و <J. فريدمان> [من جامعة روكفلر]. وجرى تحديد السبب الذي يدفع الفئــران إلى الإفراط في الأكل، إثــر التجارب التي شــملت **سـلالتين (ذريتين)** strains من الفئران، لدى كل منهما ميل جيني إلى البدانة وإلى الســكري. وقد اكتشــف الباحثون أن إحدى الســلالتين لديها عيب جيني في الخلايا الدهنية التي تفرز هرمونا يدعى **ليپتين** leptin. فالفئران، مثل الإنسان، تفرز هرمون الليپتين بعد تناول الوجبة لكبت الشهية ولمنع الإفراط في الأكل. وقد كان لدى الفئــران البدينة نقص في هرمون الليپتين، وعدم ثبات في الشــهية. وبعد ذلك اكتشف الباحثون أن البدانة في الســلالة الثانية من الفئران قد نجمت عن عيب في الجينات يؤثر في قدرتها على الاســتجابة لليپتين وعلى تنظيم عمله. وبدا أن النتائــج قد أوضحت بجــلاء أن الهرمونات تنظم الشــهية، وبالتالي وزن الجسم. فقد يؤدي اختلال الهرمونات إلى الإفراط في الأكل. وفي واقع الحال تنتشــر البدانة على نطاق واسع في بعض الأسر التي لديها نقص جيني المنشأ في هرمون الليپتين.

ولكن ملاحظتين اثنتين أشــارتا إلى أن النظر إلى البدانة على أنها اضطراب هرموني فيه تبســيط شــديد، والملاحظة الأولــى هي أن النقص الجيني المنشــأ فــي الهرمونات ذات الصلة بالشهية يقتصر على عدد قليل من البدناء في الولايات المتحــدة الأمريكية وفي مناطق أخرى مــن العالم. والملاحظة الثانية هي أننــا نتوقع أن تُظهِر الاختباراتُ التي تجرى على الــدم لدى البدناء، إما نقصا في مســتويات الهرمونات التي تكبت الشــهية وإما ارتفاعا في مســتويات الهرمونات التي تزيد الشــهية. إلا أن العكس صحيح، فالبدناء لديهم بشــكل عام ظاهرة متناقضة، وهي ارتفاع مستوى الهرمونات الكابتة للشهية، بما فيها الليپتين والإنسولين.

ومن هنا جاء مفهوم الــدور الذي يؤديه الإفراط في الأكل. فالهرمونــات التي تضبط الشــهية تؤثر في بعض مســارات **النورونــات (العصبونــات)** neurons، في دارات الإطعام، في **الوطــاء**[1]، كما تؤثــر تلك الهرمونات فــي النُّظُم التي تضبط **مشــاعر المكافــأة**[2] في الدمــاغ، وهذا ما يعطي الإحســاس بالكمال. فإذا لم تأكل شيئا خلال عدة ساعات، ثم قضيت وقتا طويلا وبذلت جهدا كبيرا وأنفقت أموالا كثيــرة للحصــول على الطعــام، فإنك ستجد مذاق الطعام رائعا! وينطبق على ذلك المثل «**الجوع أفضل صلصة**»[3].

وخــلال فتــرات الجــوع ترفــع الهرمونــات مســتويات مــن القدرة التفاعلية لــدارات المكافأة في الدماغ ذات الصلــة بالطعــام، ولاســيما فــي **الجســم المخطَّـط**[4]، ويتضمــن الجســم المخطط مستوياتٍ مرتفعة من **الإندورفينــات**[5]، وهي مواد كيميائية تعزز مشاعر اللذة والمكافأة.

وعندما تتنــاول طعاما، فإن معدتك وأمعاءك تُطلق هرمونات مثبطة للشهية تؤدي إلى إنقاص إشــارات اللذة التي تتحرر من الجسم المخطط ومن المكونات الأخــرى لنظام المكافــأة. وتؤدي هذه العملية إلــى جعل الطعام أقل جاذبية، وقد تتحول أنشطتك التي تقوم بها بعيدا عن تناول الطعام وتتجه نحو مسارات أخرى. وهكذا، فإن الهرمونات المنظِّمة للشهية تضبط تناول الطعام، وهي تقوم بذلك جزئياَ من خلال تعديل الإحساس باللذة أثناء الأكل.

إلا أن بعض الأطعمة المعاصرة مثيرة للشــهية - غنية بالدهون والســكريات وغالبــا ما تكون ذات مظهر جذاب - وتؤثر تأثيرا قويا في نظام المكافأة لدرجــة تكفي للتغلب على الهرمونات الكابتة للشــهية، فتدفع بنا إلى تناول المزيد من هذه الأطعمة، إذ إنها تنشِّط دارة المكافــأة لدينا بقوة أكبر من قدرة هرمــون الليپتين على إغلاق الدارة. وقد شــعرنا جميعنا بهذا التأثير: فقد تكون قد انتهيت من وجبة عشاء ضخمة، لدرجة أنه صار من الصعب عليك تناول لقمة إضافية، إلا أنك ما أن ترى كعكة الشــوكولاتة حتى تجد، وبفعل معجزة، «متســعا» في معدتك لقطعــة منها، وتكون هي القطعة الأكثر تحميلا بالكالوريات في يومك.

وهنا مكمن المشــكلة، فقد تطور لدينــا نظام دماغي كفء يستطيع المحافظة على وزن صحي ومتناسق للجسم وذلك من



(١) hypothalamus
(٢) feelings of reward
(٣) Hunger is the best sauce: «مذاق كل شيء جيد بالنسبة إليك عندما تكون جائعا».
(٤) striatum
(٥) endorphins

خلال إصدار إشارات تنبئنا متى نتناول الطعام ومتى نتوقف عن ذلك. إلا أن الطعام المُشهي كثيرا يمكن أن يتفوق على تلك الإشارات ويقود إلى زيادة الوزن.

ويستجيب جسمنا لهذا التفوق برفع مستويات الهرمونات الكابتة للشهية، مثل الليپتين والإنسولين، ويزداد ارتفاعها أكثر فأكثر مع ازدياد وزن الجسم؛ إلا أن الهرمونات تقل فعاليتها بالتدريج مع تطور التحمل لآثارها. وإضافة إلى ذلك، فقد أظهرت دراسات تصوير الدماغ التي قام بها الباحثون في المختبر القومي ببروكهاڤن وفي معهد البحوث بأوريگون أن نظام المكافأة في الدماغ لدى الأشخاص المصابين بازدياد الوزن يستجيب استجابة ضعيفة للطعام، حتى لطعام الوجبات السريعة، وتؤدي الدارات الضعيفة للمكافأة إلى مزاج مكتئب، فكيف يمكن للشخص أن يتغلب على هذه المشكلة؟ ومن خلال تناول المزيد من الطعام اللذيذ طلبا لجرعة معززة مؤقتة، فإن الدارة تتواصل. وهكذا، قد يفرط البدناء في تناول الطعام لمجرد الوصول إلى الدرجة ذاتها من اللذة التي يستمتع بها النحيفون عند تناولهم كمية أقل من الطعام.

ويبدو أن البدانة لا تنجم عن فقدان قوة الإرادة، وأنها ليست على الدوام نتيجة اختلال توازن هرموني؛ ففي بعض الحالات على الأقل تنجم البدانة عن التمتع بفرط الأكل الذي يختطف شبكات المكافأة في الدماغ. وهكذا، فإن فرط الأكل يشبه الإدمان في أنه يُكوِّن عروة من التغذية الراجعة في مراكز المكافأة بالدماغ، فكلما زادت الكمية التي تستهلكها زادت رغبتك في استهلاك المزيد وصار من الصعب إرضاء تلك الرغبة.

ولكن هل يجعل هذا الأمر الأكل الممتع ضربا من الإدمان؟

تَحمل وانتكاس[*]

إن الأدوية التي تسبب الإدمان، مثل المورفين، تنشط نُظُم المكافأة في الدماغ، بالطريقة ذاتها التي يؤثر بها الطعام. إلا أن أوجه التماثل لا تقتصر على هذا الحد. فقد أدى حقن المورفين في الجسم المخطط لدى الفئران إلى فرط الأكل بشراهة، وذلك حتى عند الفئران التي قُدِّم لها الطعام حتى الشبع. وتوضح هذه الاستجابة أن المورفين والمشتقات الأفيونية الأخرى تشبه تأثيرات **النواقل العصبية**[1] (وهي من المواد الكيميائية الدماغية)، مثل الإندورفينات التي ينتجها الدماغ لتنشيط **سلوكيات الإطعام**[2].

وقد نتوقع عند ذلك أن الأدوية التي تحصر تأثير الإندورفينات قد تقلل من الإفراط في التمتع بالأكل، وقد أظهرت الدراسات التي أجريت مؤخرا أن المركبات **الحاصرة للإندورفين**[3] تقلل من تنشيط دارة المكافأة لدى البشر ولدى القوارض التي يقدم لها طعام مثير للشهية، فيأكل الناس والجرذان كمية أقل. ومن ثم فإن **محصرات** blockers تأثير الإندروفينات يمكنها أيضا أن تقلل من تعاطي الهيرويين والكحول والكوكايين لدى البشر المدمنين على المخدرات، مما يدعم فكرة وجود آلية مشتركة لتنظيم الإفراط الممتع في الأكل وتعاطي الأدوية التي تسبب الإدمان. ومما يدعو إلى الدهشة أن الفئران التي عوّدها الباحثون على تناول الطعام كل يوم تبدي سلوكيات تشبه كثيرا بعد معالجتها بمحصرات الإندورفين، **أعراض الانسحاب من الإدمان**[4] على المخدرات. ويؤدي هذا السلوك إلى ظهور فرضية مهمة مفادها أن فرط الأكل الممتع يمكن أن يحرض على حالة شبيهة **بالاعتماد على المخدرات**[5].

وقد أضافت هذه الاكتشافات المزيد من المصداقية إلى الفكرة القائلة إن فرط الأكل قد يتشارك في بعض الظروف في السمات الرئيسية مع الإدمان على الأدوية. وقد شاهدنا التشابه ذاته مع ناقل آخر من النواقل العصبية الأساسية هو **الدوبامين**[6]. فجميع الأدوية المعروفة بأنها تسبب الإدمان تقود إلى إطلاق الدوبامين في الجسم المخطط. وللدوبامين دور أساسي في التحفيز وفي دفع الناس إلى البحث عن الدواء المسبب للإدمان. ويواصل معظم الخبراء القول إن هذا التأثير هو الذي يقود إلى تطور الإدمان، وذلك على الرغم من أن الآلية الحقيقية لاتزال محل أخذ ورد. وقد اتضح أن الطعام المثير للشهية ينشِّط أيضا إطلاق الدوبامين في الجسم المخطط. مما يحفِّز الناس على التركيز على الحصول على الطعام واستهلاكه. وقد أظهرت الدراسات بتصوير الجسم المخطط أن فيه مستويات أحد المستقبلات الذي يدعى «**مستقبل الدوبامين (D2R)**[7] يستجيب للدوبامين لدى البدناء. وينطبق ذلك أيضا على من يعاني الإدمان على شرب الكحول أو على الأفيون أو الكوكايين أو **الأمفتامين**[8].

ونحن نعرف الآن أن الذين يولدون ولديهم مستويات منخفضة من مستقبِل الدوبامين D2R معرضون لخطر جيني أكبر للإصابة بالبدانة وبالإدمان على المخدرات. وتؤدي هذه الحالة إلى مستويات منخفضة من النشاط في نُظُم المكافأة في الدماغ، مما يشير إلى أن هؤلاء الأشخاص قد يفرطون في الأكل لا لشيء سوى الحصول على المستوى ذاته من

(*) TOLERANCE AND RELAPSE
(١) neurotransmitters
(٢) feeding behaviors
(٣) endorphin blockers
(٤) symptom of drug addiction withdrawal
(٥) a drug-dependence-like
(٦) Dopamine
(٧) dopamine D2 receptor
(٨) methamphetamine

معركة في الدماغ

الوقوع في شَرك حب الأكل(*)

تحافظ أدمغتنا على الوزن الصحي لأجسامنا بإصدار إشارات حول متى نأكل ومتى نتوقف عن الأكل. وتنظم الهرمونات دارات الإطعام التي تتحكم في الشهية وفي الشبع (الأزرق). إلا أن الطعام الغني بالدهون وبالسكريات يمكن أن يحفز بعض الناس على الإفراط في الأكل (الأحمر) وكلما زادت الكمية التي يتناولونها زادت رغبتهم في الأكل أكثر، وهو شعور شائع في الإدمان على المخدرات.

الإفراط في الأكل: مواد كيميائية دماغية تختطف دفة القيادة

تحث الأطعمة الغنية بالدهون والسكر الجسمَ المخططَ في الدماغ على إنتاج إندومورفينات، وهي مواد كيميائية تبعث «الشعور بالحالة الجيدة» ويمكنها أن تطلق الزناد للأكل بشراهة. ويمكن للأطعمة أيضا أن تحث الجسم المخطط على إطلاق الدوبامين (الخطوط الحمراء) الذي يحفز سلوك الإطعام، ويؤثر في القشرة الدماغية أمام الجبهية[1] التي تؤثر في اتخاذ القرارات. ولدى بعض الناس يمكن لتأثيرات مركبات الإندورفين وللدوبامين وللمركبات الكيميائية الأخرى التي تنظم أنظمة المكافأة، أن تضفي قوة غامرة إلى إطلاق الإشارات الهرمونية وإلى المحاولات الواعية للتوقف عن الأكل عند الامتلاء. ويسود تحفيز قوي لأكل الأطعمة الغنية بالكالوريات على الرغم من معرفة الفرد بالعواقب الصحية للإفراط في تناول هذه الأطعمة.



آفاق المعالجة

تؤدي الأدوية التي تسبب الإدمان إلى إطلاق الدوبامين وعرى التغذية الراجعة في الدماغ، مما قد يحث الناس على طلب المزيد والمزيد منها، وينطبق ذلك على الإفراط في أكل الأطعمة الغنية بالكالوريات. ومن المحتمل أن تتمكن المعالجات التي تكسر هذه الدائرة من التخلص من الإدمان على المخدرات ومن البدانة أيضا.

أكل سوي: تطلقه ثم توقفه إشارات هرمونية

إن الهرمونات المثيرة للشهية التي تنطلق من الأمعاء (الخطوط الزرقاء المتصلة) تنبه دارات الإطعام في الوطاء. كما أنها تنبه مراكز المكافأة أيضا مثل المنطقة السقيفية البطنية[5] والجسم المخطط مما يزيد اللذة المصاحبة للأكل. ومع امتلاء الأمعاء وازدياد مستويات المغذيات في الدم تنطلق الهرمونات الكابتة للشهية مثل اللپتين والإنسولين (الخيوط الزرقاء المتقطعة) في الوطاء وفي مراكز المكافأة لكبت الشهية وتثبيط لذة الأكل. مما يجعل تناول المزيد من الطعام أقل قبولا.

اللذة من الطعام التي يحصل عليها الذين ليس لديهم نقص في مستويات مستقبل الدوبامين D2R. ويتعرض هؤلاء الأشخاص إلى المعاناة من الصعوبة في تعلم كيفية تجنب ما له عواقب سلبية؛ إذ تُسهم النظم الدماغية في كبت السلوكيات التي تعرِّض صاحبها للمخاطر، إلا أن سلوكيات المكافأة، مثل استهلاك الطعام الغني بالكالوريات أو تعاطي المخدرات قد لا يكون لها تأثير فعال بالقدر نفسه.

وتدعم دراستنا المختبرية على الفئران هذه الفكرة، فالفئران البدينة التي أكلت طعام المقصف ولم تعر أدنى انتباه للتحذيرات بتعرضها للصدمة، كانت لديها مستويات منخفضة من المستقبِل D2R في الأجسام المخططة. كما أظهرت دراستنا مع دراسات أخرى استمرار تعاطي المخدرات للفئران المصابة بالإدمان والأكل للاستمتاع حتى عندما تواجه هذه الحيوانات عواقب سلبية. كما يكافح الكثير من الأفراد البدناء كفاحا مريرا وهم يواجهون الخيارات السيئة في طعامهم بالخضوع طواعية لعمليات جراحية تحمل في طياتها الخطر، مثل **جراحة المجازة المعدية**[6] التي تساعدهم على التحكم في الأكل؛ إلا أنهم في غالب الأحيان يعودون إلى الإفراط في الأكل وإلى زيادة الوزن.

(*) Hooked on Food
(۱) the prefrontal cortex
(۲) Arcuate nucleus
(۳) Hippocampus
(٤) Nucleus tractus solitarius
(٥) the ventral tegmental area
(٦) gastric bypass surgery

ويبدو أن هذه الدورة في الانغماس بعادات سيئة تمنحهم لذة قصيرة الأمد، ثم محاولة الامتناع عنها ثم العودة إليها في النهاية، شبيهة من حيث إحداثها الاضطراب بإدمان المخدرات. ووفقا للبحوث الأخيرة يبدو أن البدانة تنتج من تحفيز فائق التأثير لإرضاء مراكز المكافأة، وهي مراكز اللذة، في الدماغ. وعلى هذا، فإن الاضطرابات الهرمونية والاستقلابية في البدناء قد تكون من العواقب التي تتلو زيادة الوزن وليس سببا له.

معالجات ممكنة جديدة(*)

لقد قادت أوجه التشابه بين البدانة والإدمان بعض الخبراء إلى القول إن الحالتين ينبغي معالجتهما بالطريقة ذاتها. وقد أوصى بعضهم بإدراج البدانة ضمن آخر التحديثات التي أجريت مؤخرا لكتاب **الدليل التشخيصي والإحصائي للاضطرابات النفسية**[1]، الذي يعد إنجيل الطب النفسي، وهو يعرض الدلائل الإرشادية لتشخيص الاضطرابات النفسية، ويُعرف هذا الكتاب بـDSM-5، وقد أثار ذلك الاقتراح بإدراج البدانة فيه (في الكتاب) حوارا حثيثا بين علماء علوم الأعصاب والطب النفسي، إلا أن محكِّمي الكتاب أسقطوا تلك الفكرة، تجنبا لوسم البدناء بأنهم من حيث المبدأ مرضى نفسيون.

وقد تم اتخاذ جانب الحذر في ذلك الأمر لأنه على الرغم من وجود نواح متوازية بين البدانة والإدمان، فإنهما يختلفان في نواح مهمة أخرى. فإذا كان الطعام يسبب الإدمان، فينبغي أن يتضمن بعض المكونات الفريدة التي تدفع للإدمان – نيكوتين الوجبات السريعة، إذا صادف ذلك قبولا لديك. وقد أعطت البحوث التي قام بها <N. آڤينا> [من جامعة فلوريدا] والراحل <B. هويبل> [من جامعة برينستون] وغيرهم بعض المصداقية لفكرة أن أشكالا خاصة من الدهون أو السكريات قد تكون هي المسؤولة. وقد أشارت دراسة صغيرة أجراها <D. لودويگ> [من مستشفى الأطفال ببوسطن] إلى أن الكربوهيدرات التي خضعت لمعالجة رفيعة المستوى والتي تُمتص بسرعة يمكنها أن تطلق الزناد لرغبات لتناول الطعام. إلا أن البحوث على وجه الإجمال تشير إلى أنه لا يوجد مكوِّن واحد من مكوِّنات الطعام يطلق سلوكيات شبيهة بالإدمان. وفي المقابل، فإن التوليفة التي تضم الدهون والسكاكر مع المكوِّنات ذات المحتوى من الكالوريات يبدو أنها تزيد من الأثر الممتع للطعام إلى أقصى قدر ممكن.

وهناك خبراء آخرون منهم <هشام زيودين> و<I. سداف فاروقي> و <P. C. فيلتشر> [من جامعة كامبريدج] لايعتقدون أن **التحمل والانسحاب**[2] يحدثان لدى البدناء بالطريقة ذاتها التي يحدثان فيها لدى المدمنين على المخدرات. ويجادل هؤلاء الباحثون بأن البدانة والإدمان على المخدرات مختلفان اختلافا أساسيا. ومع أن وجهة النظر هذه مطروحة للنقاش فإن البدناء ينبغي عليهم أن يأكلوا كميات متزايدة من الطعام للتغلب على التفعيل المتضائل لشبكات المكافأة في الدماغ، وفي هذا شبه كبير على ما يبدو بالتحمل. كما أن فقد الوزن يمكنه أن يطلق الزناد للمزاج السلبي والاكتئاب، على نحو يشبه كثيرا ما يعانيه المدمنون السابقون الذين يجربون ممارسة الامتناع، مما يشير إلى أن الانسحاب له تأثيره.

وقد جادل خبراء آخرون بأن فرضية إدمان فرط الأكل برمتها منافية للمنطق، لأننا جميعا على نحو ما مدمنون على الطعام، ولو لم نكن كذلك، فلن نستطيع البقاء على قيد الحياة.

والفرق في البدانة، حسب ما أعتقد، أن الأطعمة الغنية بالكالوريات يمكن أن تثقل شبكات **التغذية الحيوية المرتدة**[3] بطريقة لا يمكن للأطعمة الأخرى أن تؤثر فيها. وخلال ملايين من سنوات التطور لم يكن اهتمام البشر الأساسي بكبت الشهية بل بالصيد، وبجمع وتنمية الطعام الكافي الذي يصمد في الأيام العجاف. وربما تكون دارات الإطعام لدينا أفضل أداء في التحفيز على تناول الطعام ونحن جياع مما هي عليه في كبت تناولنا للطعام ونحن شبعى. ومن السهل أن نتخيل أن الدماغ سيعتبر الإفراط في تناول الطعام الغني بالكالوريات ذا فوائد هائلة إذا لم يكن من الواضح معرفة متى يمكن أن يتوفر ثانية. ومن الممكن أن يكون هذا السلوك لم يعد **تكيُّفيا** adaptive، بل إنه صار معاكسا للإنتاج في عالم يتوافر فيه الطعام.

ويثير العلماء الذين يجادلون بآراء تخالف نموذج الإدمان للبدانة نقاطا معقولة، إضافة إلى أنني أخشى أن مصطلح «الإدمان» مشحون بأفكار مسبقة ومعيقة، وذلك على الرغم من أن الأكل القسري والإدمان القسري على المخدرات يبدوان وكأن ثمة سمات مشتركة تجمع بينهما، وأكثر تلك السمات وضوحا عدم القدرة على ضبط الاستهلاك. وعلى العلماء أن يقرروا ما إذا كانت جوانب التشابه تلك هي سطحية أو أنها تنبع من تبدلات مشتركة ومستبطنة في الدماغ. ومن الأمور الأكثر أهمية هي تقرير ما إذا كان نموذج الإدمان مفيدا، فإذا لم يكن مفيدا لنا في تصميم أساليب علاجية جديدة، فإن

(*) NEW TREATMENTS POSSIBLE
(1) the Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders
(2) tolerance and withdrawal
(3) biological feedback

مناقشته ستكون ببساطة عملا أكاديميا.

ولكي تكون لنموذج الإدمان قيمة، فلابد من أن يكون لدينا تنبؤ دقيق باختيارات المعالجة، والتي تضم معالجات دوائية جديدة. ويأتي أحد الأمثلة من شركة آرينا للمستحضرات الصيدلانية[1] والتي حصلت مؤخرا على موافقة إدارة الغذاء والدواء الأمريكية على تسويق دواء يسمى بيلڤيك Belviq لإنقاص الوزن لدى البدناء البالغين أو الزائدي الوزن، وهو دواء ينبه أحد البروتينات الدماغية يسمى **مستقبل 2C للسيروتينين**[2]، وهو مستقبل ينبه الرغبة في استهلاك النيكوتين لدى الفئران في المختبرات.

وهناك دواء آخر يسمى **ريمونابانت** rimonabant حظي في أوروبا بالموافقة على تسويقه من أجل كبح جماح الشهية لدى البدناء. ويستفيد هذا الدواء ممّا يتمتع به **القنَّب** cannabis من خاصية مشهورة وهي زيادة الرغبة في الطعام، وهو ما يطلق عليه اسم **الأَكْوَلَة**[3]. فالقنَّب ينشط أحد البروتينات الدماغية يدعى **المستقبل الشبيه بالقنَّب 1**[4]، وعلى هذا فإن الباحثين يخمنون أن تثبيط ذلك المستقبل سيُنقص الرغبة في تناول الطعام. وهو التأثير الذي يقوم به الدواء ريمونابانت بالضبط، ومن الآثار الجانبية الملحوظة قدرته على كبح جماح الرغبة في تدخين التبغ. ولدى الجرذان، ينقص الدواء أيضا من الرغبة في تعاطي الكحول والأفيونات والمنبهات مثل النيكوتين.

وكما هي الحال في جميع الأدوية التي لها إمكانات علاجية، فإن الحذر مطلوب، فالدواء ريمونابانت أطلق العنان للاكتئاب ولأفكار الانتحار لدى بعض الأفراد. وقد دفعت تلك النتيجة السلطات الأوروبية إلى تعليق استخدامه وحضت المسؤولين في إدارة الغذاء والدواء الأمريكية على عدم الموافقة عليه. ولايزال سبب ظهور الاكتئاب غير واضح، وهكذا ونظرا لأن نموذج الإدمان في البدانة قد ينتج معالجات غير متوقعة، فإنه ينبغي أن تحاط تلك الأدوية بتمحيصات شاملة.

وقبل أن يكون بمقدور العلماء الإعلان عن أن فرط الأكل هو إدمان أو غير إدمان، ينبغي عليهم أن يحددوا وبدقة ما هي التكيُّفات في الشبكات أو في الخلايا الدماغية التي تدفع إلى التعاطي القسري للمخدرات، ثم إن عليهم بعد ذلك أن يحددوا ما إذا كانت الآليات ذاتها هي التي تحفِّز التناول القسري للطعام. فمن المحتمل، بل من الغالب أن تؤدي شبكات الإدمان على الكوكايين وشبكات إدمان فرط الأكل أعمالها في أجزاء مختلفة من الدماغ، ولكن بآليات متشابهة. كما ينبغي على العلماء أن يحددوا ما إذا كانت التفاوتات الجينية الشائعة مثل التفاوتات التي تؤثر في المستقبل D2R ستسهم في الإدمان على الأدوية وفي البدانة. وقد يؤدي تعرف مثل تلك الجينات إلى كشف الأهداف الحقيقية للأدوية التي تستخدم لمعالجة هذين الاضطرابين.



تُسيِّر البدانة قوة تحفيز غامرة تدفع إلى إرضاء مراكز المكافأة في الدماغ؛ أما قضايا الهرمونات، فربما تكون نتيجة وليست سببا للبدانة.

وحتى لو أثبت العلماء أن البدانة تنتج من إدمان فرط الأكل، ووجدنا أن ثمة دواء مضادا لهذا الإدمان يمكنه أن يساعد الناس على تخفيف أوزانهم، فسيكون على الأفراد بذل جهود مضنية للتغلب على أحد العوامل التي تبدو متوطنة في أمريكا: فالناس قد يكونون محاطين بأفراد الأسرة والأصدقاء والرفاق في العمل الذين لايزالون مفرطي الوزن، ويواصلون الإفراط في الأكل، مما يجعلهم في البيئة الصعبة ذاتها التي كانوا فيها من قبل. فكما نعلم من حالات التعافي من الإدمان على المخدرات وعلى المشروبات الكحولية، فإن العوامل البيئية هي السبب الرئيسي للرغبة وللنكس. فالمجتمع الغربي المشبع بالدهون وبالرغبات سيجعل من الصعب على كل بدين أن يقلع عن الإفراط في الأكل. ■

---

(1) Arena Pharmaceuticals
(2) serotonin 2C receptor
(3) munchies
(4) the cannabinoid receptor 1

مراجع للاستزادة

Leptin Receptor Signaling in Midbrain Dopamine Neurons Regulates Feeding. Jonathan D. Hommel et al. in Neuron, Vol. 51, No. 6, pages 801–810; September 21, 2006.
Relation between Obesity and Blunted Striatal Response to Food Is Moderated by TaqIA A1 Allele. E. Stice et al. in Science, Vol. 322, pages 449–452; October 17, 2008.
Dopamine D2 Receptors in Addiction-Like Reward Dysfunction and Compulsive Eating in Obese Rats. Paul M. Johnson and Paul J. Kenny in Nature Neuroscience, Vol. 13, pages 635–641; May 2010.
Obesity and the Brain: How Convincing Is the Addiction Model? Hisham Ziauddeen, I. Sadaf Farooqi and Paul C. Fletcher in Nature Reviews Neuroscience, Vol. 13, pages 279–286; April 2012.

Scientific American, September 2013



المجلد 29 العددان 12/11
نوفمبر/ ديسمبر 2013
Majallat AlOloom

كيف (ولماذا) نأكل أنواعا حيوانية غازية سريعة الانتشار؟(*)

ما هي الطريقة المثلى للسيطرة على الحشرات البيئية؟ نقدمها طعاما لأعظم المفترسات في العالم - نحن بني البشر.

<B. لاي>

مطعمي، مايا سوشـي، يبعد بضعةَ أميال عن لونگ أيلاند سـاوند. وهناك هدف مهم لدينا وهو العودة بما نقدمه من أطعمة إلى جذور السوشي، وهذا يعني ببساطة استخدامَ ما هو متاح لدينا حيث نعيش. وأكثر ما نجـده الآن هو بعض الأنواع الغازية السـريعة الانتشـار - نباتـات وحيوانات غير مرغـوب فيها، أدخلها بنو البشر ضمن النظام البيئي. وعلى الصعيد الوطني، فإن هذه الأنواع الغازية السريعة الانتشار مثل الخنازير البرية والسرطانات الآسيوية تعمل على تدمير المزارع ومصايد الأسـماك، مما يُسـبب أضرارا اقتصاديـة تبلغ 120 بليون دولار سنويا.

والحل الأمثل، هو تناولها كطعام. فمن خلال تقديم هذه الأطعمة البحرية على صدفة محار، على سـبيل المثال، فنحن نقدم بالأسـاس خدمـة مجانية للتخلص من الأعشـاب الضارة. وآمل أيضا بأن أقنع العالم بأن هذه الأنواع الغازية السـريعة الانتشـار لها مذاق لذيذ - إذا ما نظرنا إلى الأمر بعقلانية.

ولنـأخـذ مثـلا **الغلالـة المعنقة** stalked tunicate - والمعروفـة أيضا باسـم «**بخ البحر الآسـيوي**»(1) والتي احتلـت مـا كان موئلا **لبلح البحر الأزرق**(2) من مين Maine وحتـى نيو جيرسـي. إذ يعتبر بخ البحر الغريب هذا، وموطنه الأصلـي الفلبين، كائنا كريهـا وآفة ضارة لصناعة المحار. وعلـى الرغم من ذلك، يعدّ فـي كوريا الجنوبية، من أطيب الأطعمة بل وحتى يستخدم كمثير للرغبة الجنسية.



العشـاء جاهز: انتشرت سـرطانات الشـواطىء الإثيوبية بكثافـة عقـب دخولهـا الشـاطىء الشرقي للولايـات المتحدة الأمريكيـة قبـل ثلاثة عقـود تقريبا. والآن تُقـدَّم على طبق من الطحالب البنية الغازية السريعة الانتشار.

وقـد أكلت بخ البحـر لأول مرة في حانة سوشـي كورية بمدينـة نيويورك. وقد جرى ترتيب **بخـات البحر**(3) التي تشـبه الحويصلات كزهرة دوار شمس في منتصف طبق برتقالي براق. وحالما بدأت بقضـم إحداهـا، إذا بها تنفجر بسـائل مالح ولزج ودافـىء. ومع أنني لم أر السـائل، إلا أنني استطعت تذوق قوامَه المخاطي وقد تطلب ذلك كل ما لدي من قوة للإبقـاء عليه في فمي بل وأكثر من ذلك أي قوة لدي لمحاولة ابتلاعه.

يقول <B. فولر>(4) إنه على المرء «أن يجرؤ على تعقب أحلامه». وأعتقد أن الأمر يتطلب قليلا من هذا النهج لقبول طرق جديدة للقيام بالعديد من الأمور والتي منها بطبيعـة الحال تناول مثل تلـك الأطعمة. وفي المـرة التالية التي تناولت فيها بخ البحر، قمت بكشـط إحداها وتمزيق غشائها الخارجي الغليظ، والذي كشـف عن لحم برتقالي لين يشـبه المانگو. ومن دون تردد ألقيت بها في فمي مباشرة.

والأطباق التي أعرضها فيما يلي ليسـت سوى عدد قليل مـن تلك الأطباق التـي قدمتها في مطعمي لـما قمت به على مدى سنوات باصطياده من أسـماك ومن الأنواع الحيوانية والنباتية الغازية السـريعة الانتشـار. ■

(*) HOW (AND WHY) TO EAT INVASIVE SPECIES
(1) Asian sea squirt
(2) blue mussel habitat
(3) sea squirt
(4) ريتشارد بكمنسـتر فولر (1895-1983): مهندس معماري وكاتب ومصمم أمريكي نشر أكثر من 30 كتابا في مختلف فروع المعرفة.

المؤلف

Bun Lai

<لاي> أحد المرشحين لجائزة جيمس بيرد لعام 2013، والطاهي الرئيس بمطعم مايا سوشي، وهو مطعم أنشأته والدته في حي نيو هيڤين بولاية كونيتيكت. ويغوص <B. لاي> في لونج أيلاند ساوند[1] ليمدّ مطعمه بالمأكولات البحرية غير المعتادة.

خصوصي اليوم

حساء مين گرينيس

وجدت السرطانات الأوروبية طريقها إلى الولايات المتحدة الأمريكية في القرن التاسع عشر. وهذه السرطانات تستهلك بنهم يرقات الأنواع التجارية من المحار وتعد واحدا من أشرس مئة نوع غازٍ سريع الانتشار ومدمر في العالم. وأنا أدخن هذه السرطانات بأخشاب أشجار التفاح ثم أنتزع ماءها باستخدام حشائش الليمون والفلفل الحار ثم أطحنها لتصير مسحوقا أستخدمه فيما بعد كأساس لحساء سرطان البحر اللذيذ. ومن ثم أبخر السرطانات نفسها بالبيرة والتوابل الإثيوبية الحارة وأقدمها فوق الحساء كما لو كانت تكافح للتسلق خارجا – كرمز لاستمرارية الأنواع الغازية السريعة الانتشار.





حساء الحجر

في أربعينات القرن الماضي، وصل المحار الأوروبي المفلطح إلى مدينة مين Maine لينافس الأنواع المحلية من المحار. وأنا أطهو هذه الأنواع على صخرة ساخنة مغطاة بالمحار الأوروبي المفلطح، وبعضا من الأعشاب الصخرية والطحالب البنية المنتشرة من أجل الحصول على حساء بنكهة جذور الجزر البري والبصل البري وعيش الغراب المحلي. وتُقدَّم هذه الوجبة في وعاء حديدي، وقد صنعت لتتشارك في تناولها قرية صغيرة.





دع جانبا ليمونادا أمك

تنمو حشيشة الخلد اليابانية (تعرف أيضا باسم بسبالوم ذي الصفين) بسرعة في تجمعات لتسود غيرها من الأنواع العشبية. وقد وضعت هذه الحشيشة على رأس المئة نوع الأكثر انتشارا من قبل الاتحاد الدولي للحفاظ على الطبيعة وهي تزدهر في 39 ولاية. ومذاقها مقدد وعصيري لاذع يشبه تفاح جراني سميث. وفي مزيج من المياه المعدنية والثلج، أقوم بخلط أغصان حشيشة الخلد وأوراق الاستيفيا الطازجة وأوراق الليمون الطازجة ودفقة من عصير الليمون.

سوشي كودزو تشايكوفسكي

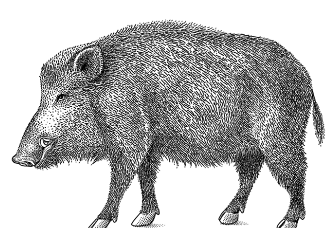
جرى إدخال البجع الذي موطنه الأصلي أوروبا وآسيا إلى الولايات المتحدة الأمريكية كنوع من أنواع الزينة. وقد أكسبها مظهرها المهيب نوعا من الحماية في بعض مناطق الولايات المتحدة، غير أن البجع قد تسبب في إلحاق الضرر بالمستنقعات والكائنات التي تعيش في المياه الضحلة من خلال إتلاف الغطاء النباتي. كودزو، وهو نبات معروف بسرعة نموه وموطنه الأصلي آسيا قد أدخل إلى الولايات المتحدة في الثلاثينات على يد عمال البستنة. إنه يشكل بنموه مظلة واسعة فيعمل على خنق النباتات التي بأسفله. وأنا أغمس قطعة من البجع في معجون من زيت الزيتون والزنجبيل الطازج المبشور والتوابل الجامايكية ومن ثم أشويها على مهل. ومن ثم أقطع اللحم الداكن الطري إلى قطع صغيرة ثم أخلطها بالكراث المحمص وإكليل الجبل. ويقدم الطبق مع حزمة من أوراق الكودزو الملفوفة والمحشوة بالأرز المسلوق بنكهة الخمر الإسبانية وعيش الغراب.

كريباتي ساشيمي

يعد ديك البحر من الكائنات الشرسة العالية السمية والمفترسة والتي تقارن بالجراد في قوتها التدميرية. ويعتقد أن هذا النوع من الأسماك قد أدخل إلى الولايات المتحدة الأمريكية على أيدي تجار أحواض الأسماك. ولأنه محمي بأشواكه العالية السمية، ولأنه أيضا يماثل الأعشاب البحرية في مظهره، فلدى ديك البحر أعداء طبيعيون قليلون جدا. وبإزالة أشواكه السامة، فللحم ديك البحر مذاق طيب. ويقدم نيئا على شكل شرائح رقيقة مع بضع قطرات من عصير الليمون ورشة من سبعة أنواع مختلفة من الفلفل المجروش ورقائق الأعشاب البحرية المحمصة وبذور السمسم المحمصة وملح بحر من كريباتي، وهي جزيرة في المحيط الهادي سوف تغرق قريبا بسبب تغير المناخ.

أوينكيمو

أدخلت الخنازير البرية مع المستكشفين الأوروبيين في القرن السادس عشر، وقد ازدادت أعدادها في السنوات الأخيرة. وتستهلك هذه الخنازير العديد من الأنواع الأصلية والمهددة بالانقراض، كما أنها تتنافس مع غيرها على الموارد الغذائية المتوفرة. غير أن لحوم الخنازير البرية خالية من المواد الكيميائية بخلاف لحوم الخنازير التجارية التي تمت تربيتها باستخدام المضادات الحيوية. وأنا أقوم بلف براعم البصل المحمصة في لحم الخنازير البرية المجفف والمقطع إلى شرائح رقيقة، ومن ثم أقوم برش لفات اللحم هذه بالزنجبيل والثوم والسمسم المحمص وصلصة الصويا بالعنب الفرنسي.



زبدة الفول السوداني والجيلي

تعد الأرانب البرية من أكثر الحيوانات تدميرا للبيئة. إنها تتكاثر بلا رقيب، كما أنها تعمد إلى تدمير الأراضي الزراعية وتسهم أيضا في تعرية التربة. ومن المتوقع أن تزداد أعداد قناديل البحر بشكل اضطرادي بسبب احمضاض[2] مياه المحيطات، وحتى الآن هناك عدد قليل من الشعوب تتقبل قناديل البحر كمصدر للغذاء. وهذه الوصفة هي التطور الذي أدخلته على الطريقة التقليدية لتقديم اللحوم والأطعمة البحرية. وتقطّع قناديل البحر، الغازية السريعة الانتشار قبالة سواحل جورجيا، إلى شرائح رقيقة ثم تخلط بالأرانب الأسترالية والخيار. ويضاف إلى هذا الخليط زبدة الفول السوداني المحمص.

(1) Long Island Sound
(2) acidification

مراجع للاستزادة

Eat the Invaders: www.eattheinvaders.org. National Invasive Species Information Center: www.invasivespeciesinfo.gov

Scientific American, September 2013

مجلة العلوم
المجلد 29 العددان 12/11
نوفمبر/ ديسمبر 2013
Majallat AlOloom

تاريخ يمتد إلى عدة ملايين من السنين من الأغذية المُصنَّعة (المُعامَلة)[(1)(*)]

قيل لنا إنها قوة الظلام التي تقف وراء وباء البدانة: إنه موت المزارع الأسرية وموت تانگ[(2)]. غير أن البشر كانوا يقومون بتصنيع (بمعاملة) الأغذية منذ أن تعلم الإنسان كيف يطهو الطعام أو يحفظه أو يخمره أو يجمده أو يجففه أو يستخلصه. فالأغذية المُصنعة (المعامَلة) قد تحكمت في تطور الجنس البشري وفي توسع الإمبراطوريات وفي استكشاف الفضاء. وإليكم ما له أهمية خاصة في هذا المضمار.

<E. كيم>

في وقت مبكر قبل 1.8 مليون سنة

اللحم المشوي

إن الغذاء الذي تَمسُّه النار برفق يكون أسهل للهضم وأكثر تغذية من المواد الغذائية الخام. ويجادل بعض الأنثروبولوجيين في أن الطبخ كان الخطوة الأساسية التي سمحت للبشر في وقت مبكر بتطوير العقول الكبيرة المميزة للإنسان العاقل [انظر: «بداية الطهي»، في هذا العدد].

قبل 000 30 سنة

الخبز

قبل نحو 000 12 سنة بدأت الزراعة، ولكن الأوروبيين الأوائل خبزوا الخبز لعدة آلاف السنين قبل ذلك. وفي عام 2010 عثر العلماء على أدلة على وجود حبوب نشوية على هاونات بدائية ومدقات في إيطاليا وروسيا والتشيك. وقد جاءت النشويات من جذور عشبة البرك **cattails** والسرخس **ferns**، التي دقها البشر الأوائل لعمل طحين، وخلطوه بالماء، وخبزوه ليكون خبزا.

فقد كان الخبز سهل الحمل ومغذيا ومقاوما للتلف. لكنه من ناحية التغذية كان خطوة إلى الوراء. فالدراسات المقارنة تظهر أن صيادي العصر الحجري الحديث كانوا يأكلون وجبات أكثر تنوعا وتغذية من مزارعي العصر نفسه. وعن استهلاك الطاقة، كان الصيادون أكثر كفاءة: فالمزارِعُ يتعين عليه قضاء 10 ساعات لزراعة الأغذية بنفس عدد الكالوريات **calories** التي تحتاجها ست ساعات من البحث عن المؤن.

ويجادل الأنثروبولوجيون: لماذا أصبحت الزراعة مهيمنة، فهناك شيء واحد مؤكد: الخبز والزراعة، كل منهما كان يتبع الآخر. فكما بدأت المجتمعات بالاعتماد على الخبز، فإنهم اضطروا أيضا إلى بذل جهودهم على الزراعة (والعكس بالعكس).

(*) The Amazing Multimillion - Year History of Processed Food

(1) processed = مُعَامَــل = مُصيَّــر: مُعالج بعملية صناعية خاصة.

(2) Tang: أسرة صينية حاكمة (618 - 907). (التحرير)



مراجع للاستزادة

The Cambridge World History of Food. Edited by Kenneth F. Kiple and Kriemhild Coneè Ornelas. Cambridge University Press, 2000. The Oxford Encyclopedia of Food and Drink in America. Second edition. Edited by Andrew F. Smith. Oxford University Press, 2012.

Scientific American, September 2013

7000 سنة قبل الميلاد

البيرة

من الصعب تحديد مكان نشوء البيرة. فأقدم الأدلة المادية تأتي من شظايا الفخار في إيران والتي يعود تاريخها إلى 3500 سنة قبل الميلاد، ولكن علماء الآثار مثل P. ماكغفرن [من جامعة ولاية بنسلڤانيا] اقترح أنه يجوز أن يكون إنتاج المِزْر ale الأولى في زمن مبكر مثل 7000 سنةَ قبل الميلاد كمنتج ثانوي لصنع الخبز. واحتضنت المجتمعات المبكرة الواقعة بسرعة: فقد حول السومريون القدماء ما يصل إلى 40 في المئة من جميع الحبوب لإنتاج البيرة. وبمساعدة من علماء الآثار فقد حاول صُناع البيرة في العصر الحديث إعادة إنتاج المشروبات القديمة. وتشاركت «ماكغفرن» مع مصنع بيرة لتخمير المشروبات المصرية والصينية القديمة، في حين يقوم مصنع بيرة، بمساعدة من الباحثين في جامعة شيكاغو، بتخمير بيرة اعتمادا على قصيدة غنائية عمرها 3800 سنة كانت تُغنى لآلهة البيرة السومرية Ninkasi.

6700 سنة قبل الميلاد

التورتيا[(١)]

لا توجد سجلات مكتوبة تسبق وصول المستكشفين الإسبان في الأمريكتين، ولكن أقرب الأدلة الأثرية لتدجين الذرة، تعود إلى ما قبل نحو 8700 سنة. وربما كان الأمريكيون الأوائل ينقعون الحبوب في محلول جيري lime solution لصنع كتلة masa لتحرير المواد المغذية أثناء هذه العملية.

5400 سنة قبل الميلاد

النبيذ

وجد أقربُ دليل على صنع النبيذ في جبال زاگروس بإيران. ومن ثم نشر الفينيقيون الذين يجوبون البحار، هذه الخبرة غربا من لبنان إلى مصر وبلاد البحر الأبيض المتوسط.

5000 سنة قبل الميلاد

الجبن

خذ الحليب، وضعه في معدة حيوان مجتر، ثم حَرِّكه بعنف. يقترح العلماء أن هذه الطريقة ليست بعيدة جدا على الأرجح عن كيفية اختراع الجبن. وأقرب دليل على صنع الجبن يأتي من مواقع أثرية في بولندا عمرها 7000 سنة، حيث كانت بقايا دسم الحليب موجودة في أوان مثقبة من السيراميك والتي كان من الممكن أن تكون مصافيَ بدائية. ومع ذلك، فمع تدجين الأغنام والماعز في وقت مبكر قبل نحو 8000 سنة قبل الميلاد، والأبقار بعدها بألف سنة، فإنه من الممكن أن صنع الجبن كان مستمرا لفترة أطول.

وكالمواد الغذائية التكوينية الأخرى، كان الجبن على الأرجح منتجا بسبب الضرورة. فالجبن والزبادي والزبدة يمكنها أن تبقى مدة أطول من الحليب الطازج. والبشر في العصر الحجري الحديث أيضا كانوا غير قادرين على هضم اللاكتوز lactose، فالجين الخاص بهذا التكيف انتشر فقط في بضعة آلاف سنة الأخيرة. والبكتيريا المستخدمة في صنع الجبن تخمر اللاكتوز في الحليب إلى حمض اللاكتيك lactic، مما يجعل منتجات الألبان أسهل هضما.

ولا نستطيع أن نقول على وجه اليقين ماذا كان أول أنواع الجبن، ولكن الرجوع بالزمن في الجغرافيا التاريخية يقدم لنا بعض القرائن. فسكان المناطق الحارة مثل الشرق الأوسط وجنوب آسيا استخدموا على الأرجح الكثيرَ من الملح للمساعدة على حفظ أجبانهم، وهي ممارسة لا نزال نراها اليوم في الڤيتا والأجبان الشبيهة بها في الشرق واليونان وجنوب غرب آسيا. والمناخات الأكثر برودة تتطلب كميات أقل من الملح للحفظ، مما يفتح الطريق لنمو الميكروبات المحلية التي تضيف نكهات مميزة إلى تلك الأجبان المشهورة مثل جبن روكفور Roquefort والجبن السويسري والجبن بري Brie.



المؤلفة

Evelyn Kim

‹كيم› كاتبة ومدرسة تعيش في كوبنهاگن. تتركز بحوثها على تقاطع تاريخ العلم والغذاء والبيئة.

4500 سنة قبل الميلاد

زيت الزيتون

الزيتون الخام غير صالح للأكل بسبب مرارته، ولكن المزارعين في شرق البحر الأبيض المتوسط قاموا منذ آلاف السنين بتخمير الزيتون في محلول قلوي ثم عصره (بالضغط).

3000 سنة قبل الميلاد

زيت النخيل

وجد الزيت المصنوع من ثمار النخيل، العنصر الثابت عند التخزين، في المقابر المصرية القديمة.

2400 سنة قبل الميلاد

المخللات

لقد كان سكان ما بين النهرين أول من عبأ الخضراوات في الخل لحفظها واستهلاكها في غير موسمها.

2000 سنة قبل الميلاد

المعكرونة

جاء أول دليل على المعكرونة من الخزف في شمال الصين الذي حفظت به الشعيرية، فقد نشأ في الصين قبل 2000 سنة وانتشر منها غربا.

(١) Tortillas: خبـز رقيـق مصنوع من الذرة أو القمح أو الشعير. (التحرير)



1900 سنة قبل الميلاد

الشكولاتة (الشكولا)

حضارات ما قبل الأولمك **Pre-Olmec** في أمريكا الوسطى طحنت حبوب الكاكاو من القرون وخلطتها بالماء ورجّت الخليط، فنتج من ذلك مشروب رغوي. وبعد أكثر من 3400 سنة جلب <H. كورتيس> هذه الحبوب إلى إسبانيا، حيث أضيف إليها السكر لأول مرة.

1500 سنة قبل الميلاد

بيكون[(١)]

كان طهاة الصين أول من ملّح لحم بطون الخنازير، ليس فقط كشكل مبكر للحفظ، ولكن أيضا كوسيلة لإبراز نكهة هذا اللحم.

1000 سنة قبل الميلاد

جيانگ[(٢)]

كانت جيانگ الأساس لنكهات مثل صلصة الصويا في الصين وميسو في اليابان التي يتم استخدامها في جميع أنحاء شرق آسيا اليوم. ووفقا للنص الصيني القديم **Zhouli** (طقوس تشو)، كانت جيانگ تصنع عن طريق خلط اللحوم أو السمك بالملح ويانگ تشو (بادئ للتخمر) ويترك الخليط لمدة 100 يوم حتى ينضج. وكالعديد من الأطعمة المخمرة الأخرى، فربما كان اكتشافه من قبيل الصدفة، ولكن انتشار جيانگ على امتداد شرق آسيا لم يكن إلا نتيجة انتشار البوذية في جميع أنحاء آسيا في القرن الأول إلى القرن السابع بعد الميلاد، وعلى الأرجح فإن البوذية جلبت جيانگ إلى كوريا واليابان.

500 سنة قبل الميلاد

السكر

وفقا لنصوص اللغة السنسكريتية، فإن الطباخين في الهند عالجوا قصب السكر إلى بلورات عملاقة من خلال غليان وتبريد عصير قصب السكر المستخلص. وبعد ألف سنة تقريبا ابتكر الهنود حبيبات السكر السهلة النقل، الأمر الذي أطلق تجارة السكر العالمية.

400 سنة بعد الميلاد

الخردل[(٣)]

تطلبت وصفة من وصفات الخردل الأولى في كتاب الطبخ الروماني «شؤون المطبخ» خلط وطحن بذور الخردل والفلفل والكراوية والكاشم **lovage** والكزبرة المحمصة والشبت والكرفس والزعتر والمردقوش بالبصل والعسل والخل وصلصة السمك والزيت.

700 سنة بعد الميلاد

كيمتشي

كان الكيمتشي الأول عديمَ النكهة إلى حد ما: مجرد ملفوف مخمر مع الملح. وبعد أن غزت اليابانُ كوريا في القرن 16، أخذوا معهم الفلفل الأحمر الحار الذي أحضره البرتغاليون إلى اليابان، فبدأ الكوريون تضمين هذا الطبق مكونات حارة.

(١) BACON: لحم خنزير مقدد ومملح
(٢) JIANG
(٣) MUSTARD: أو المسطردة

(التحرير)



700 سنة بعد الميلاد

السوشي

بدأ السوشي كوسيلة لحفظ الأسماك في جنوب شرق آسيا، حيث كان السمك المملح يغطى بالأرز المغلي ويترك ليتخمر لشهور عديدة. ومن ثم يُكشط الأرز المتعفن ويُتخلص منه (وبسبب الخسائر، كان السوشي دائما طبقا للأثرياء) ويؤكل السمك الحامض. وتشبه هذه العملية تعتيق لحوم البقر الجافة اليوم، فأنت تفقد بعضا من المنتج نتيجة التعفن، ولكن ما يتبقى يكون أسهل في المضغ وأزكى. وبدخول اليابان إلى القرن 19، فإن عملية التخمير الطويلة قد استعيض عنها بإدخال الخل في خليط الأرز.

965 سنة بعد الميلاد

التوفو[1]

أصول التوفو غامضة، غير أن أول تسجيل كتابي يظهر في قصص الكاتب الصيني <T. كو>، إذ إنه يكتب عن نائب العمدة الذي كان فقيرا حتى أنه اضطر إلى شراء التوفو وهو هلام متخثر مصنوع من فول الصويا المطبوخ بدلا من لحم الضأن.

القرن العاشر بعد الميلاد

القد المملح

على الرغم من أن سمك القد المجفف كان غذاء الفايكنگ منذ القرن التاسع، غير أن الملح غيّره من المواد الغذائية المحلية إلى ظاهرة عالمية، إذ يسمح الملح للقد بأن يُجفَّف بسهولة وأن يُحفظ حتى في بيئة رطبة أو حارة، مثل قارب صيد السمك. وقد بدأ التغيير عندما التقى البحارة الباسك بالصيادين الفايكنگ وإمداداتهم الواسعة من سمك القد بالقرب من جزر فارو خلال القرن العاشر. وباكتشاف كيفية الحفاظ على الأسماك على متن القوارب، وجد الباسك بقرتهم الحلوب السمكية. ومرسوم الكنيسة الكاثوليكية في ذلك الوقت قد أملى أن تكون وجبة يوم الجمعة خالية من اللحم، مما رفع من شعبية القد المملح. وسرعان ما بدأ البرتغاليون والفرنسيون والبريطانيون بصيد سمك القد. وعلى مدى بضعة قرون تالية تَحمَّل القدُّ المملح الرحلاتِ الطويلة لاستكشاف العالم الجديد.

القرن الخامس عشر الميلادي

زبدة الفول السوداني[2]

خلافا لما قالته لك معلمة الصف الثاني، لم يبتكر <G. W. كارڤر> زبدة الفول السوداني، فالأزتيك Aztecs كانوا في القرن 15 يصنعون عجينة من الفول السوداني الخام المطحون.

---

(١) TOFU

(٢) PEANUT BUTTER: أو زبدة الفستق

(التحرير)

منتصف القرن الخامس عشر الميلادي

القهوة

القهوة هي هاجس غربي، ولكن جذورها تكمن في العالم العربي. والادعاء الأكثر مصداقية عن أصل القهوة يأتي من مشايخ الصوفية في اليمن في منتصف القرن 15. وقد كتب الرهبان عن تجارة البن بين اليمن وإثيوبيا، حيث نشأت حبوب البن. (وليس واضحا بالضبط ما كان يدور في إثيوبيا في ذلك الوقت لأنه لم يبق أي سجل.) وفي نهاية المطاف، زرعت اليمن محصولها المحليّ من القهوة من المخزون الإثيوبي، ومن هناك انتشر إلى مصر ودمشق ومكة المكرمة. وفي القرن 16، انتشرت بيوت القهوة (دكاكين القهوة kaveh kanes) في جميع أنحاء شبه الجزيرة العربية.

في أول الأمر كانت القهوة تقدم كدواء لآلام المعدة والخدر (الفتور) والخدار (نوبات نوم عميقة وقصيرة) وغيرها من العلل. غير أن القهوة لم تكن مجرد معالجة؛ فقد أشار العديد من الكتّاب العرب إلى قدراتها على توثيق أواصر المودّة، وربما أكثر من ذلك بكثير: فثقافة القهوة والمقاهي، مع القيل والقال ولعب المباريات، دفعت حاكم مكة المكرمة إلى إعلان حظر على هذا المشروب في عام 1511. وبعد 13 عاما من صداع الكافيين، ألغى السلطان التركي سليم الأول ذلك الحظر.

وبالنسبة إلى المسافرين والمستكشفين الأوروبيين في القرن 16، كانت القهوة نوعا آخر من فضول المشرق. ففي إحدى الإشارات المبكرة للقهوة من قبل أحد الأوروبيين في عام 1582 وصفها الطبيب وعالم النبات الألماني <ل. راوولف> بأنها «شراب جيد يقدّره [الأتراك والعرب] إلى حد كبير... وهو تقريبا في سواد الحبر ومفيد ضد أمراض المعدة.» وفي خطوة مبكرة للتسويق الحديث، بدأ تجار البندقية باستيراد القهوة من الشرق الأوسط في أواخر القرن 16 باعتباره مشروبا فاخرا. وبحلول منتصف القرن 17 كان هذا المشروب موجودا لدى الفرنسيين والبريطانيين والهولنديين.

عام 1767

المياه الغازية

اكتشف <ج. بريسلي>، فيلسوف الطبيعة البريطاني ومكتشف الأكسجين، المياه الغازية بعد وضع وعاء من الماء فوق مصنع لتخمير البيرة في ليدز بإنجلترا.

عام 1894

رقائق الذرة

لتلبية النظم الغذائية النباتية التي ينادي بها المسيحيون البروتستانت، ابتكر <ج. H. كيلوك> وشقيقه رقائقَ الذرة عام 1894 كجزء من نظام غذائي في مصحة بلدة باتل كريك بميشيكان.

عام 1908

أُحادي گلوتامات الصوديوم (MSG)[١]

لقد كان <K. ريتهاوزن>، الكيميائي الزراعي الألماني، أول من اكتشف حامض الگلوتاميك عام 1866 وأحادي گلوتامات الصوديوم MSG أحد أشكال هذا الحامض المختلفة. وكالكثيرين من معاصريه في ألمانيا فقد بدأ بالنظر إلى الأسس الكيميائية للمواد الطبيعية.

وبعد نحو 40 عاما، حاول الكيميائي الياباني <K. إيكيدا> (الذي تدرب في ألمانيا) تكرار نجاح زملائه الألمان، خصوصا <ليبيك>، الذي صار من الأثرياء من إنتاج مرق لحوم البقر المجفف. و<إيكيدا> أراد إيجاد وسيلة لاستنساخ نكهة مرق كومبو داشي[٢] كيميائيا، وهو مرق أساسه طحلب بحري. وقد نشر نتائجه في مجلة الجمعية الكيميائية بطوكيو عام 1909، وأعلن <إيكيدا> أن دراسته قد وجدت أن الأعشاب البحرية تحتوي على الگلوتامات، التي تنتج مذاق أومامي umami المألوف.

عام 1926

لحم الخنزير المتبل (Spam)

أول ذكر لما أصبح Spam هو «لحم خنزير <هورميل> المتبل» وهو مجرد لحم كتف الخنزير المملح في علبة. وسرعان ما أنتج المنافسون النسخ الخاصة بهم. ولتمييز منتجه، غيّر <ج. هورميل> وصفته عام 1937، وذلك بفرم لحم الخنزير وإضافة الملح والبهارات وتغليف هذا اللحم في الهلام اللحمي. والأهم من ذلك هو قيام <هورميل> بإعادة تصنيف المنتج باسم جذاب «Spam» اختصارا لـ: كتف الخنزير مع لحم الخنزير shoulder of pork and Ham» وذلك قبل اندلاع الحرب العالمية الثانية. فقد قرر جيش الولايات المتحدة، أن اللحم Spam هو الغذاء المعلب المثالي. وما بعد الحرب، فأينما ذهبت القوات الامريكية، تبعتها علب اللحم Spam. وخلال الحرب الكورية غمرت علب اللحم Spam السوقَ السوداء. وحتى يومنا هذا، فلايزال اللحم Spam منتجا له شعبية في كوريا وسائر آسيا، حيث ضموه إلى قائمة الطعام التقليدي مثل: kimbap و chanpuru.

خمسينات القرن العشرين

قطع دجاج[٣]

قام <R. C. بيكر> [عالم الغذاء في جامعة كورنيل] بتقطيع أجزاء الدجاج وتغليفها بكسرات الخبز (البقسماط) كوسيلة لزيادة الطلب على الدجاج في شمال ولاية نيويورك.

(١) monosodium glutamate
(٢) Kombu dashi
(٣) CHICKEN NUGGETS





عام 1957

شراب الذرة الغنيّ بالفركتوز

بدأ البحث عن بدائل للسكر في وقت مبكر منذ عام 1806، عندما عرض <نابليون بونابرت> مكافأة ضخمة لمن يتمكن من العثور على طريقة كيميائية سهلة لمشكلة الحصار البريطاني على مزارع قصب السكر في جزر الكاريبي الفرنسية. وبعد قرن ونصف من الزمن اكتشف علماء أمريكيون طريقة باستخدام الإنزيمات لتحويل الغلوكوز في نشا الذرة إلى فركتوز؛ وفي عام 1967 أوجد العالم الياباني <Y. تاكاساكي> عملية صناعية فعالة من حيث التكلفة. وقد أحبت شركات الأغذية التكلفة المنخفضة والسهولة التي يمكن أن يذوب بها شراب الذرة السائل في المشروبات الغازية.

عام 1959

تانگ(١)

عمل العلماء في جنرال فوودز لسنوات على إيجاد مسحوق بديل لعصير البرتقال، ولكن المواد المضافة كان لها طعم مر غير مستحب. وقد نجحوا بالتخلي عن طموحاتهم لتضمين المشروب جميع الفيتامينات والمعادن الموجودة في عصير البرتقال.

عام 1996

الجوز الممتلئ(٢)

هذا المنتج الغذائي ذو المغذيات الكثيفة المدعمة بالفيتامينات والمصنوعة من الفول السوداني والزيت النباتي والحليب المجفف والسكر، كان مصمَّما لمساعدة الأطفال المصابين بسوء التغذية الحاد، على اكتساب الوزن.

عام 2013

لحوم نُمِّيت في المختبرات(٣)

تم التخطيط لأول اختبار تذوق علني لها وذلك بعرض برغر burger نَsمَت من خلايا جذعية بَقَرِيّة.

---

(١) TANG
(٢) PLUMPY'NUT
(٣) LAB-GROWN MEAT


المجلد 29 العددان 12/11
نوفمبر/ ديسمبر 2013
Majallat AlOloom

كل ما تعرفه عن الكالوريات خاطئ(*)

تعتبر عملية الهضم في غاية الفوضى، مما يجعلها غير قادرة على إعطاء أرقام حقيقية. وتعداد الكالوريات الموجود على الملصقات الغذائية يختلف على نطاق واسع عما يُستخلص من الكالوريات بعد هضم الطعام، لأسباب كثيرة.

<R. دن>

في مرحلة غريبة من مراحل حياتي المهنية، وجدت نفسي أجمع كميات كبيرة مخروطية الشكل من روث طائر **الإيمو** emu الأسترالي الشبيه **بالنعامة البلهاء** ostrich. وحينها كنت أحاول التوصل إلى معرفة كيف تخرج البذور سليمة للإنبات بعد مرورها بالجهاز الهضمي لهذا الطائر. فقد قمت مع زملائي بزراعة الكثير من البذور المستخرجة من روث طائر الإيمو وانتظرنا لتنبت. ويا لدهشتنا، فقد أنبتت غابات صغيرة من النباتات.

ومن الواضح أن طائر الإيمو الأسترالي قد تغذى بنباتات لها بذور متطورة تنجو من عملية الهضم سالمة نسبيا. في حين أن سائر الطيور لا تُخرِج بذور الفواكه التي تتغذى بها سليمة للإنبات لأنها تودّ الحصول على **الكالوريات** calories المخزنة فيها. ومع ذلك، فإن هذه النباتات كفيلة بالمحافظة على نسلها. وفي ذلك الوقت لم يخطر ببالي ما أدركته لاحقا من أن البشر يدخلون في متاهات خاطئة عند حساب الكالوريات الناتجة من الغذاء.

يتحول الغذاء إلى طاقة في أجسامنا. فإنزيمات الهضم في الفم والمعدة والأمعاء تفتت مركبات الغذاء المعقدة إلى أجزاء بسيطة كالسكريات والأحماض الأمينية التي تنتقل عبر الدم إلى جميع الأنسجة. وبعد ذلك، تستعمل الخلايا الطاقةَ المخزنة في الروابط الكيميائية لهذه الأجزاء البسيطة للقيام بعملها المعتاد. وتقاس كمية الطاقة المخزنة في الغذاء بوحدات تسمى الكالوريات أو الكيلوكالوري، والكالوري هو كمية الطاقة اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوغرام واحد من الماء بمقدار درجة مئوية Celsius واحدة. وتوفر الدهون نحو تسعة كالوريات لكل غرام، بينما توفر الكربوهيدرات والبروتينات أربعة كالوريات لكل غرام، في حين توفر الألياف كالوريين فقط لكل غرام لأن إنزيمات الجهاز الهضمي عند الإنسان لا تستطيع تفتيت الألياف إلى جزيئات صغيرة.

ويستند حساب الكالوريات الموجودة على كل ملصق غذائي إلى نتائج أبحاث قديمة أجريت في القرن التاسع عشر. وقد دلت الأبحاث الحديثة أن هذا الحساب غير صحيح لأنه استند إلى أسس بسيطة لم تأخذ بعين الاعتبار عوامل عديدة مثل مقاومة الهضم، وطريقة الطبخ المتمثلة في الغليان أو الخبز أو الميكروويف أو الشواء، لأن طرق الطبخ تغير التركيب الكيميائي للغذاء، ومن ثم تغير كمية الطاقة المبذولة لتفتيت كل نوع غذائي، كما أغفل هذا الحساب كذلك دور بلايين البكتيرات الموجودة في الأمعاء والتي تساعد على الهضم وكمية الطاقة التي تستهلكها هذه البكتيرات لذاتها.

يقوم علماء التغذية بتحسين عملية حساب الكالوريات

(*) EVERYTHING YOU KNOW ABOUT CALORIES IS WRONG

باختصار

تقريبا المواد الغذائية كلها تزودنا بملصقات توضح ما تحويه من كالوريات، لكنها غير دقيقة لأنها تعتمد على حساب المتوسط وليس على حساب كامل عملية الهضم.

والدراسات الحديثة أظهرت أن الكالوريات في الغذاء تعتمد على عدة عوامل مثل: نوعيته وطريقة تحضيره والبكتيريا التي تهضمه داخل الأمعاء وكمية الطاقة المبذولة لهضمه.

والطريقة المتبعة حاليا لحساب الكالوريات لا تأخذ بعين الاعتبار جميع العوامل السابقة. وحتى لو حاولنا تحسين حساب عدد الكالوريات، فإننا لن نستطيع ذلك لأن عملية الهضم معقدة وتتدخل في العدد الكلي لكمية الكالوريات.

الملصقة على المــواد الغذائية، وهي عمليــة ليســت ســهلة لأن عمليــة الهضــم بحد ذاتهــا عملية تتصف بعدم التنسيق ويصعب معها حساب الكالوريات بطريقة سليمة.



معضلة صعبة الحل(*)

لقد نشــأت الأخطاء الواردة في حساب الكالوريات في القرن التاسع عشــر عندما وضع عالــم الكيمياء الأمريكــي <W. O. أتواتــر> نظامــا لحساب متوســط عدد الكالوريات فــي غــرام واحــد مــن الدهــون والبروتينات والكربوهيدرات، وبَذَل قصارى جهده لوضــع هذا النظام الذي مازال ســاريا إلى يومنا هذا، ولكــن لكل نوع من الغــذاء طريقته الخاصة في الهضــم التي تختلف عن الآخر.

ضع بعين الاعتبار الكيفية التي يختلــف بها هضــم الخضراوات. إننا نأكل ســيقانا وأوراقا وجذورا مختلفة لمئات مــن النباتات. وتكون جــدران الخلايــا النباتية في ســيقان وأوراق بعض الأنواع أصلــب بكثير من تلك الموجودة فــي الأنواع الأخرى. وحتى ضمن النبات الواحد، قد تختلف متانة جدران الخلايا. وتميل جــدران خلايا الأوراق الكبيرة إلى أن تكون أكثر صلابة من الصغيــرة. وبصفة عامة، كلما ضعف أو زاد تكسّــر جدران الخلايا فــي المواد النباتية التي نتناولهــا، زادت الكالوريات الناتجــة منها. ويمزق الطهي بســهولة الخلايا، على ســبيل المثال السبانخ والكوسا، غير أن **نبات الكساڤا**(٢)، أو **كستناء المـاء الصينية**(٣) هي أكثــر مقاومة لتمزق الخلايا الناتج من الطهــي. وكلما كان جدار الخلية قويا، زاد الغذاء الذي بدوره يطلق الكثير من الكالوريات في أجسامنا (فكّر في الذُّرة).

فقد تطور بعــض أجزاء النبات ليتكيــف إما ليكون أكثر شهية للحيوانات أو ليتجنب عملية الهضم تماما. أولا، تطورت الفواكه والمكســرات في العصر الطباشيري (ما بين 65-145 مليون ســنة مضت)، ووجدت بعد ذلك ملتصقة بين ســاقي الديناصــورات. وجاء هــذا التطور لصالــح الفواكه اللذيذة الطعم والســهلة الهضم في آن واحد لجذب الحيوانات حتى تعمل على نشر البذور. وإضافة إلى الفواكه، فقد كان التطور أيضا لصالح المكسرات والبذور العسيرة الهضم حتى تتمكن من البقاء في أمعاء الطيــور والخفافيش والقوارض والقرود دون تغيير لصفاتها الجينية.

وتشير بعض الدراســات إلى أن هضم المكسرات كالفول السوداني والفستق واللوز يتم بمستوى أقل من هضم الأغذية التي تحتوي على كميــة مماثلة من البروتينات والكربوهيدرات والدهــون، ممــا يعني إنتــاج كميات من الكالوريــات أقل من المتوقع. وفي دراســة حديثة قامت بها <J. A. نوفتني> وزملاؤها [من إدارة الزراعة الأمريكية] أشارت إلى أن الأشخاص الذين يتناولــون اللوز يحصلون على 129 كالوريا فقط من أصل 170 كالوريا مذكورا على الملصق الغذائي. وقد توصل الباحثون إلى هذه النتيجة بإخضاع عينتين من الأشــخاص للحمية الغذائية

(*) A HARD NUT TO CRACK
(١) The Wild Life of Our Bodies (Harper, 2011)
(٢) cassava
(٣) Chinese water chestnut



المؤلف

Rob Dunn

‹**دون**› عالم أحياء في جامعة ولاية كارولينا الشمالية وكاتب مقالات في مجلات تاريخ الطبيعة وسميثسونيان Smithsonian وناشيونال جيوگرافيك National Geographic وغيرها من المطبوعات. وأحدث كتاب له بعنوان: الحياة البرية في أجسامنا(١).

نفسها مع تغير كمية اللوز في إحدى العينات، ثم قاموا بقياس الكالوريات غير المستهلكة في البراز والبول لكل عينة.

حتى تلك الأغذية التي لم تتطور لتنجو من عملية الهضم فإنها تختلف في قابليتها للهضم. فقد تتطلب البروتينات خمس مرات من الطاقة اللازمة لهضم الدهون، لأن إنزيمات الهضم تحتاج إلى وقت طويل لتكسّر السلاسل المحكمة التي تربط الأحماض الأمينية المكونة للبروتينات. ومع ذلك، فالملصقات الغذائية لا تأخذ بالحسبان كمية الطاقة المستهلكة في عملية الهضم هذه. وبعض الأغذية سهل الهضم والامتصاص كالعسل، ولا يحتاج إلى مجهود من الجهاز الهضمي لتكسيره وتمريره إلى الدم وتوزيعه على سائر خلايا الجسم: اللعبة قد انتهت.

أخيرا، تحفز بعضُ الأغذية الجهازَ المناعي على تعرف **المرضات** pathogens العالقة بهذه الأغذية. فلم يقم أحد إلى الآن، بشكل جاد، بحساب الكالوريات التي تستخدمها تلك العملية حتى ولو كانت الكالوريات قليلة. فمثلا، قد تحمل قطعة من اللحم النيئ أعدادا كبيرة من **الميكروبات** microbes التي من المحتمل أن تكون خطرة. وقد يستغرق الجهاز المناعي وقتا ليقوم بفصل الميكروبات الصديقة عن العدوة ويستخدم عددا من الكالوريات للقيام بهذه المهمة. وقد تُفْقَدُ تلك الكالوريات إذا أدى المُمرض الموجود في اللحوم غير المطبوخة إلى الإسهال.

ماذا يطبخ؟(*)

ربما تتمثل أكبر مشكلة للملصقات الغذائية في أنها حساب لطاقة الأنشطة اليومية التي نقوم بها وحساب للكالوريات الناتجة من طرق الطبخ: فالطبخ على نار هادئة يختلف عن الطبخ بالقلي أو بالبخار. وعندما قام ‹R. ورنگهام› [عالم البيولوجيا من جامعة هارڤارد الأمريكية] بدراسة سلوك التغذية في الشمبانزي فإنه قام بتناول الغذاء نفسه الذي يتغذى به الشمبانزي، ولكنه لم يشعر بالشبع الذي شعر به عند أكل غذاء البشر. فقد توصل إلى اعتقاد أن مهارة الإنسان في تعلم فنون الطهي – طهي الغذاء بالنار وضربه بالحجارة – كانت حدثا مهما في التطور البشري. وطيور الإيمو الأسترالية لا تعالِج الغذاء، ولا، إلى أي مدى واقعي يقوم بذلك أي من **القرود** apes. فلكل حضارة إنسانية تقانتها لتعديل غذائها. إننا نطحن ونسخن ونخمر الغذاء قبل أكله. وعندما تعلم البشر طبخ الغذاء – بشكل خاص اللحم – فإنهم زادوا باستمرار عددَ الكالوريات المستخلصة من هذا الغذاء. ويقترح ‹ورنگهام› أن الحصول على المزيد من الطاقة من الغذاء قد سمح للبشر بتطوير أدمغتهم وتكبيرها استثنائيا وفقا لحجم الجسم. ولكن لم يتحقق أحد إلى الآن على وجه التحديد، في تجربة محكَمة، كيف أن تجهيز الغذاء يغيّر من الطاقة التي يوفرها.

قامت ‹R. N. كارمودي› [طالبة الدراسات العليا في مختبرات ‹ورنگهام›] ومعاونوها بإجراء تجارب على ذكور فئران بالغة عن طريق إطعامها وجبات من البطاطا الحلوة أو من لحم البقر الخالي من الدهون، وقُسِّمت كل وجبة من الوجبات السابقة إلى أربعة أقسام: غذاء نيئ كامل وغذاء نيئ مسحوق وغذاء مطبوخ كامل وغذاء مطبوخ مسحوق، وسمحت لكل فأر بأن يأكل ما يريد من هذه الأغذية لمدة أربعة أيام. فقد لاحظت ‹كارمودي› أن الفئران فقدت أربعة غرامات بعد تناولها البطاطا الحلوة النيئة واكتسبت وزنا بعد تناول البطاطا الحلوة المطبوخة الكاملة أو المسحوقة، كما اكتسبت غراما واحدا زائدا بعد تناول اللحم المطبوخ، ولم تكتسب وزنا بعد تناول اللحم النيئ. فمن الناحية البيولوجية تكون النتائج السابقة معقولة. فالحرارة تسرّع عمليةَ تفكيك البروتينات وتقتل البكتيريا، مما يؤدي إلى سهولة الهضم وتوفير طاقة للجهاز المناعي لمحاربة الممرضات.

يمكن تطبيق نتائج ‹كارمودي› على **المعالِجات الصناعية**(١). ففي عام 2010 وُجد أن الأشخاص الذين تناولوا حصصا من 600 أو 800 كالوري من خليط خبز القمح مع بذور عباد الشمس والحبوب الكاملة وجبنة الشيدر أنفقوا ضعف الطاقة المستهلكة لهضم الكمية نفسها من الخبز الأبيض ومنتجات الجبن المطبوخ. ونتيجة لذلك، فإن الأشخاص الذين يتناولون وجبة خفيفة من القمح الكامل يحصلون على 10% أقل من الكالوريات.

وحتى لو أكل شخصان الكمية نفسها من البطاطا الحلوة أو قطعة من اللحم المطبوخ بالطريقة ذاتها، فإنهم لن يحصلوا على عدد الكالوريات نفسه الخارِج منها. فقد

(*) WHAT'S COOKING?
(١) industrial processing

درســت ‹كارمودي› وزملاؤها فئرانا متوالدة تحمل الصفات الجينية ذاتها إلى حــد كبير، ووجدت أنها تختلف في مقدار زيــادة الوزن وانخفاضه عند تناولها الغذاءَ نفسَــه. ويتفاوت البشــر في العديد مــن الصفات، بما في ذلــك مميزات غير واضحــة، مثل حجــم الأمعاء. ولم يكن قيــاس طول القولون شائعا لســنوات، ولكن في بداية القرن العشرين وجد علماء أوروبيون ممن كان لهم هَوَسٌ بقياس طول القولون أن الروس يمتلكون أمعاء طويلة بنحو 57 ســم في المعــدل عن أقرانهم البولنديــين. ولأن امتصاص الغذاء فــي مراحله الأخيرة يتم فــي الأمعاء، فإن الروس يحصلون علــى كالوريات أكثر من البولنديــين عند تناولهم الكمية نفســها من الغــذاء. كما أن البشــر أيضا يختلفون في إنتاج الإنزيمــات الخاصة. ومن خلال بعــض التدابير، فإن معظم البالغــين لا ينتجون إنزيم **اللاكتــاز** lactase، وهو أمر ضروري لكسر سكريات اللاكتوز في الحليب، وهذا يفسر أن القهوة الممزوجة بالحليب قد تكون عند شخص ذات كالوريات عالية، في حين تكون عند شخص آخر ذات كالوريات أقل منه.

يرى العلماء أن البشــر يختلفون في أنــواع المجتمعات البكتيريــة الموجودة في الأمعاء. ويوجد في الإنســان نوعان من البكتيريــا المعويــة همــا: **الباكترويــد** Bacteroidetes، و**فيرميكوت** Firmicutes. ووجد العلماء أن البدناء لديهم أكثر من صنف فيرميكوت في أمعائهم وأن بعضهم يعانون السمنة المفرطة، نظرا لزيادة كفاءة عمليات الاستقلاب عندهم لوجود البكتيريا الإضافية: بدلا من الضياع كنفايات، فإن المزيد من المواد الغذائية يشــق طريقه إلى الدورة الدموية، وأن الزائد من الغذاء يخزن على شــكل دهون. وتوجد ميكروبات أخرى – حصريــا – في شــعوب محددة. فبعــض اليابانيين، على سبيل المثال، لديهم ميكروب معين قادر على هضم الأعشاب البحرية. وقد اتضح أن هذه البكتيريا المعوية اكتسبت جينات هضم الأعشــاب البحرية من نوع من البكتيريا البحرية التي تعيــش في المياه المالحــة والتي تتغذى بالأعشــاب البحرية الموجودة في محيطها.

لقد فقــدت البكتيريا دورها في هضم الطعام، لأننا حاليا نتغــذى بكثيــر من الأغذيــة المصنعة الســهلة الهضم. وإذا اســتمرت الحال على ما هي عليه، فإن هذا قد يخفض وجودَ الميكروبات في الأمعاء، والتي تطورت لهضم موادّ أكثر ليفية، وســنفقد تباعــا الكالوريات الناتجة من هضــم الألياف كما يحدث في الكرفس.

فقد حاول كثير من الناس إيجاد طريقة أفضل لحســاب الكالوريــات الموجودة على الملصقات الغذائية بناء على الفهم الحالي لعمليــة الهضم. ويمكننا الآن تعديــل نظام ‹أتواتر› لحساب التحديات الهضمية التي تشكلها المكسرات. حتى أنه يمكننــا فعل ذلك من **جوز** nut إلى جوز، ومن غذاء إلى غذاء. إن مثل هــذه التغييرات (التي تمت بدعــم من بعض أعضاء مجلــس اللوز في كاليفورنيا لحســاب الكالوريات لكل وجبة غذائية) تطلبت علماءَ لدراســة كل غذاء بالطريقة نفسها التي قامت بها ‹نوفونتي› وزملاؤها بحســاب الكالوريات المخزنة في حبات اللوز المســتخرجة من كيس براز وقارورة بول. ولن تســتطيع إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA) إلزام بائعي المواد الغذائية بتغيير الملصقــات عليها واتباع طريقة جديدة لحساب الكالوريات. فالتحدي الأكثر يتمثل بتعديل المسميات على أساس الطريقة التي تحضر بها المواد، ولا يبدو أن أحدا قد أطلق أي جهد للبدء بهذا التغيير.

حتى عند تحســين طريقة حســاب الكالوريات، فلن تكون هذه الطريقة شــديدة الدقة لأن كمية الكالوريات التي نحصل عليها من الغذاء تعتمد على نتاج العلاقة بين الغذاء والجســم البشــري والميكروبات الموجودة فيه. وفي نهاية المطاف، فإننا نريــد معرفة كيفية اختيار غذائنا من الســوق المركزي. وهل يكون عــدّ الكالوريــات المذكورة على الملصــق الغذائي دالا على نهج مفرط في التبســيط لتناول غذاء صحي – والذي لا يُحسّــن بالضرورة من صحتنا، حتى ولو ساعد على إنقاص أوزاننــا. لقد حان الوقت الذي يجــب فيه أن نفكر في الطاقة التــي نحصل عليها من الغذاء، ولكن من الناحية البيولوجية. فالأغذيــة المصنعة يتم هضمها بســهولة في المعدة والأمعاء، وهي تعطينا الكثيــر من الطاقة لعمل قليل جدا. وفي المقابل، فإن الحصــول علــى الكالوريات من الخضار والمكســرات صعب لأنه يحتاج إلى وقت وجهد لهضمه، وهي تمدنا عموما بالكثير من الفيتامينات والمغذيات بشكل أكثر من الأغذية غير المصنعة، كما أنها تحافظ علــى وجود البكتيريا في الأمعاء. ومنطقيا، يفضل الناس العاديون الحصول على غذاء صحي وكالوريات قليلة من الأغذية الكاملة والنيئة أكثر من الحصول علــى كالوريات عالية من الأغذية المصنعة، وهذه هي الطريقة المتبعة لدى طائر الإيمو. ■

مراجع للاستزادة

Postprandial Energy Expenditure in Whole-Food and Processed-Food Meals: Implications for Daily Energy Expenditure. Sadie B. Barr and Jonathan C. Wright in Food & Nutrition Research, Vol. 54; 2010.

Discrepancy between the Atwater Factor Predicted and Empirically Measured Energy Values of Almonds in Human Diets. Janet A. Novotny, Sarah K. Gebauer and David J. Baer in American Journal of Clinical Nutrition, Vol. 96, No. 2, pages 296–301; August 1, 2012

Scientific American, **September 2013**


المجلد 29 العددان 12/11
نوفمبر/ ديسمبر 2013
Majallat AlOloom

ما الذي سيجعلك بدينا؟(*)





ما هو سبب البدانة - هل هو الكالوريات المفرطة أو الكربوهيدرات غير المناسبة؟

<G. توبس>

لماذا يسمن العديد منا إلى درجة كبيرة؟ تبدو الإجابة عن هذا السؤال واضحة. فمنظمة الصحة العالمية تقول: «إن السبب الأساسي **للبدانة** obesity وزيادة الوزن هو اختلال التوازن في الطاقة بين كمية **الكالوريات** calories التي **يستهلكها** consume الإنسان وتلك التي **يصرفها** expend. وبعبارة بسيطة، إما أننا نأكل أكثر من اللازم أو أننا **قعوديون** sedentary أكثر مما ينبغي. ووفقا لهذا المنطق، إن أي زيادة في الكالوريات سواء كان مصدرها البروتين أو الكربوهيدرات أو الدهون (وهي المكونات الرئيسية الثلاثة للطعام وتدعى **المغذيات الضخمة** macronutrients) ستؤدي لا محالة إلى تكدس **باوندات** pounds من الدهون. ويتضح من ذلك أن حلّ المشكلة يكمن في الإقلال من تناول الطعام وزيادة الحركة الجسمانية.

والسبب الذي دعا إلى التشكك في هذه النظرة التقليدية إلى الموضوع واضح أيضا. فالنظام الذي يستند إلى الإقلال من الطعام وزيادة الحركة والذي انتشر تطبيقه على نطاق واسع خلال السنوات الأربعين الماضية ترافق مع ذلك بزيادة

(*) WHICH ONE WILL MAKE YOU FAT?



المؤلف

Gary Taubes

<توبس> أحد المشاركين في المبادرة «NuSI» ومؤلف كتاب «لماذا نُصاب بالبدانة: وما العمل لتجنب ذلك»[1].

انتشار البدانة، أي تكدس كميات غير صحية من الدهون في الجسم، وبلغ مستويات غير مسبوقة. وإن أكثر من ثلث عدد الأمريكيين اليوم يُعتبرون بدناء - وهذا ما يزيد على ضعفي نسبتهم قبل أربعين عاما. كما يزيد عدد البدناء في العالم اليوم على خمسمئة مليون نسمة.

وإضافة إلى زيادة أوزاننا فإننا نتعرض لمزيد من الاضطرابات الاستقلابية، كالنمط 2 من الداء السكري الذي يُعرض المصاب به لشذوذات هرمونية في معالجة المغذيات وتخزينها، وهو أكثر شيوعا لدى البدناء مما هو لدى النحيلين.

إن **اللاانسجام**[2] dissonance بين مشكلة تزداد سوءا على الرغم من توفر حل مقبول لها، يوحي باحتمالين. أولهما، هو أن معرفتنا بالأسباب التي تدعو إلى زيادة الوزن صحيحة، إلا أن هؤلاء البدناء - لأسباب جينية أو بيئية أو سلوكية - غير قادرين أو غير راغبين في التخلص من هذه المشكلة. والاحتمال الثاني، هو أن معرفتنا بأسباب المشكلة خاطئة، ومن ثم فإن النصائح التي تُطرح لحلها هي خاطئة أيضا.

وإذا كان الاحتمال الثاني صحيحا فذلك يُعني أن سبب البدانة ليس هو اختلال توازن الطاقة، ولكنه قد يكون ذا صلة **بعيب**[3] defect هرموني، وقد تبنى الباحثون الأوروبيون هذه الفكرة قبل الحرب العالمية الثانية. وإذا صحّ ذلك، فإن أول المشتبه بهم، أو الباعث البيئي لذلك الخلل، قد يكون كمية الكربوهيدرات التي نتناولها أو نوعيتها. ووفق هذا السيناريو، فإن الخطأ الرئيسي الذي وقعنا فيه هو الاعتقاد أن محتوى الطعام من الطاقة مهما كان نوعه - سواء كان أفوكادو، شريحة لحم، خبزاً أو صودا - هو الذي يجعل هذه الأطعمة مُسمِّنة، ولا سيما الكربوهيدرات، وليس تأثيرات هذه الأطعمة في الهرمونات التي تنظم عملية تراكم الدهون.

فإذا علمنا أن الباحثين كثيرا ما يشيرون إلى البدانة على أنها اختلال في توازن الطاقة في الجسم، فقد يتبادر إلى الذهن أن هذا المفهوم قد اختبر بدقة بالغة في العقود السابقة. إلا أن البحث بَيَّن أن التدقيق في هذا الأمر لم يحصل قطّ من قبل. فاختبار هذا المفهوم بشكل مضبوط أمر بالغ الصعوبة إن لم يكن بالغ التكاليف. وقد اعتقد الباحثون أن الإجابة عنه كانت واضحة، أي أننا نأكل أكثر من اللازم؛ لذلك فإن الاختبارات لا تستحق الجهد المبذول. ونتيجة لذلك بقي التأييد العلمي لأكثر المشكلات الصحية خطورة في عصرنا - وهي الارتفاع السريع في معدلات البدانة والداء السكري ومضاعفاتهما - **أمرا مفتوحا**[4] إلى حد كبير.

وبعد عقد من دراسة العلم وتاريخه، اقتنعتُ بأن تقدما جديا في مكافحة البدانة سيتحقق إذا أعدنا النظر في أسبابها واختبرنا ذلك بدقة. ففي عام 2012، أنشأتُ مع <بيتر عطية> [الجراح السابق والباحث في موضوع السرطان] منظمة غير ربحية وهي **مبادرة علم التغذية** (NuSI)[5] لمواجهة هذا النقص في البيّنات الحاسمة في هذا العلم. وبمساعدة من مؤسسة <لورا وجون آرنولد> في هيوستن بتكساس، جمعنا علماء مستقلين من أجل وضع مخطط لإجراء تجارب تهدف إلى اختبار الفرضيات التي تتنافس في تفسير سبب البدانة (إضافة إلى زيادة الوزن). وقد تعهدت مؤسسة <آرنولد> بتغطية ستين في المئة من ميزانية البحث العلمي للمبادرة NuSI والنفقات الجارية لمدة ثلاث سنوات بمبلغ إجمالي قدره 40 مليون دولار. وسيتتبع الباحثون البينات حيثما اتجهت.

---

(١) *Why We Get Fat: And What to Do about It* (Knopf, 2011)

(٢) أو: التنافر

(٣) أو: عطل

(٤) open question: مسألة فيها نظر

(٥) the Nutrition Science Initiative

باختصار

لِمَ الكثيرون منا يصيرون بدناء إلى هذا الحد: هل هو الإفراط في تناول الطعام أو تناول أصناف غير مناسبة من الأغذية ولا سيما الكربوهيدرات السهلة الهضم؟

وعلى الرغم من أن **الباحثين في مجال التغذية** يعتقدون أنهم يعرفون ذلك السبب، إلا أن هذا الموضوع لم يخضع حتى الآن لاختبارات علمية دقيقة.

سيقوم **الباحثون الممولون** من قبل المبادرة NuSI بمعالجة هذه المشكلة من خلال مراقبة صارمة للأغذية التي يتناولها متطوعون يعيشون في أماكن خاصة بهذه الدراسة، ومن معايرة الطاقة التي يصرفونها، وكيف تتبدل هذه القياسات باختلاف تركيب الحمية.

وإذا سارت الأمور حسب المخطط الموضوع لها، فقد نحصل خلال السنوات الست القادمة على بيِّنات واضحة حول السبب البيولوجي للبدانة.

الفرضية الهرمونية[*]

إن السبب الذي يجعل الفرضية الهرمونية للبدانة مثيرة جدا للاهتمام هو أنها تساعد على إدراك نواقص فرضية توازن الطاقة. فالفرضية التي تقول إن سبب البدانة هو أننا نستهلك كمية من الكالوريات تزيد على الكمية التي نصرفها، تستند إلى القانون الأول **للديناميكا الحرارية**[1] الذي ينص على أنه لا يمكن تكوين الطاقة أو تدميرها. وتطبيق هذا القانون في مجال البيولوجيا يعني أن الطاقة التي يستهلكها **المتعضي** organism يجب إما أن تتحول إلى شكل مفيد، أي تستقلب أو تطرح أو تختزن. وهكذا، إذا استهلكنا كمية من الكالوريات تزيد على ما نصرفه منها، فإن الزيادة يجب أن تختزن، مما يعني أننا نسمن ويزداد وزننا. وحتى هذه النقطة يبدو الأمر واضحا، إلا أن هذا القانون لا يقول شيئا عن السبب الذي يجعلنا نستهلك مزيدا من الكالوريات عما نصرف، كما أنه لا يخبرنا لماذا تُختزن الكالوريات الزائدة على شكل دهون. وهذه التساؤلات تحتاج إلى أجوبة.

لماذا تختزِن الخلايا الدهنية على وجه الخصوص مزيدا من الجزيئات الدهنية؟ إن هذه مسألة بيولوجية وليست مسألة فيزيائية. ولماذا لا تُستقلب الجزيئات الدهنية لتوليد الطاقة أو الحرارة؟ ولماذا تختزن الخلايا الدهنية مزيدا من الدهون في بعض أنحاء الجسم دون أخرى؟ والقول إنها تقوم بذلك لأننا نستهلك مزيدا من الكالوريات ليس جوابا مقنعا.

إن الإجابة عن هذه الأسئلة تقود إلى التفكير في الدور الذي تقوم به الهرمونات - ولاسيما الإنسولين - في الحث على تراكم الدهون في مختلف الخلايا. ويُفرز الإنسولين استجابة لنوع من الكربوهيدرات يدعى الگلوكوز. وعندما يرتفع مستوى الگلوكوز في الدم - كما يحدث بعد تناول وجبة غنية بالكربوهيدرات - يفرز البنكرياس (المعثكلة) مزيدا من الإنسولين الذي يمنع مستوى الگلوكوز في الدم من الارتفاع إلى درجة عالية خطرة. فالإنسولين يحث العضلات والأعضاء، وحتى الخلايا الدهنية على أخذ الگلوكوز واستعماله كوقود. كما أنه يحث الخلايا الدهنية على تخزين الدهون - بما فيها الدهون الموجودة في الوجبات - لاستعمالها في وقت لاحق. وطالما بقي مستوى الإنسولين عاليا فإن الخلايا الدهنية تستمر بالاحتفاظ بالدهون، بينما تستمر الخلايا الأخرى بحرق الگلوكوز (وليس الدهون) لتوليد الطاقة.

والمصادر الغذائية الرئيسية للگلوكوز هي النشويات والسكاكر والحبوب. (في حالة عدم توفر الكربوهيدرات يقوم الكبد **بتكوين** synthesis الگلوكوز من البروتينات). وكلما كانت الكربوهيدرات سهلة الهضم كان ارتفاع الگلوكوز في الدم أسرع وأكثر شدة (تقلل الألياف والدهون من سرعة حدوث هذه العملية). وهكذا، فإن **الحمية** diet الغنية بالحبوب المنقاة والنشويات تسرع إفراز كمية أكبر من الإنسولين مقارنة بالنظام الخالي منها. والسكاكر - مثل **سكر القصب**[2] sucrose وشراب الذرة - قد تؤدي دورا رئيسيا لأنها تحوي كميات مهمة من الكربوهيدرات المسماة **فركتوز** fructose الذي يُستقلب معظمه في الخلايا الكبدية. وتوحي التحريات بأن الكميات العالية من الفركتوز قد تكون سببا مهما «لمقاومة الإنسولين». فعندما تكون الخلايا مقاومة للإنسولين يتطلب الأمر مزيدا منه للسيطرة على مستوى الگلوكوز في الدم. ونتيجة لذلك، حسب الفرضية الهرمونية، يبقى مستوى الإنسولين مرتفعا في الدم فترة أطول مما يؤدي إلى تراكم الدهون في الخلايا الدهنية، بدلا من استخدامه في تزويد الجسم بالطاقة. وتخزين 10-20 كالوريا يوميا على شكل دهون، يمكن أن يؤدي بعد عدة عقود إلى حدوث بدانة.

وتقترح الفرضية الهرمونية أن الطريقة الوحيدة لمنع هذا الانحدار الحلزوني الشكل من الحدوث، وعكسه في حالة حدوثه، هي في تجنب السكاكر والكربوهيدرات التي تعمل على رفع مستوى الإنسولين. وحينئذ يعمل الجسم بشكل طبيعي على حرق مخزونه من الدهون للحصول على الوقود. والتحول من حرق الكربوهيدرات إلى حرق الدهون قد يحدث حتى ولو لم تتغير كمية الكربوهيدرات المستهلكة. ففي الحقيقة، تحرق الخلايا الدهون لأن الهرمونات تتطلّب منها فعل ذلك، مما يؤدي إلى زيادة صرف الطاقة. وبحسب هذه الفرضية، لكي يفقد الجسم الدهون الزائدة، يجب الإقلال من تناول الكربوهيدرات والاستعاضة عنها بالدهون التي لا تحث على إفراز الإنسولين.

وهذه الفرضية البديلة في مشكلة البدانة (التي تنجم إلى حد كبير عن مقاومة الإنسولين) تعني ضمنيا أن وباءي البدانة

(*) THE HORMONE HYPOTHESIS
(1) thermodynamics
(2) أو: سكروز

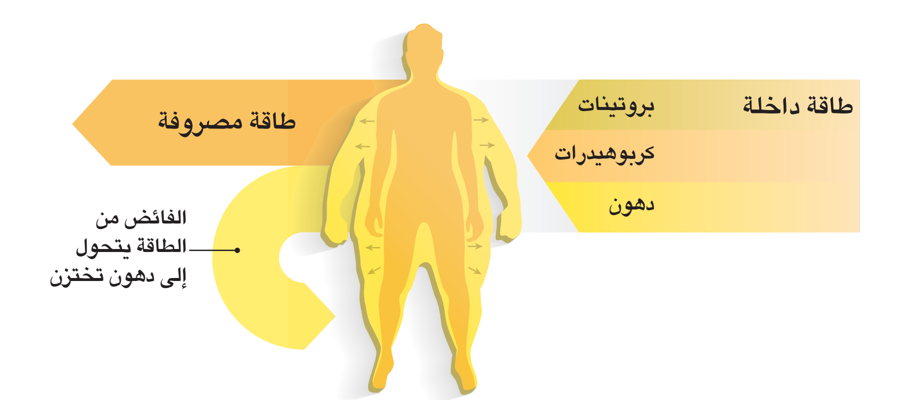
تغير نموذج

كالوريات مقابل كربوهيدرات(*)

يخطط الباحثون الممولون من قبل المبادرة NuSI للقيام خلال السنتين القادمتين باختبار فرضيتين متنافستين لتحديد أسباب البدانة، وسيجرى الاختبار في شروط قاسية صممت للحصول على نتيجة واضحة تؤيد إحدى هاتين الفرضيتين.

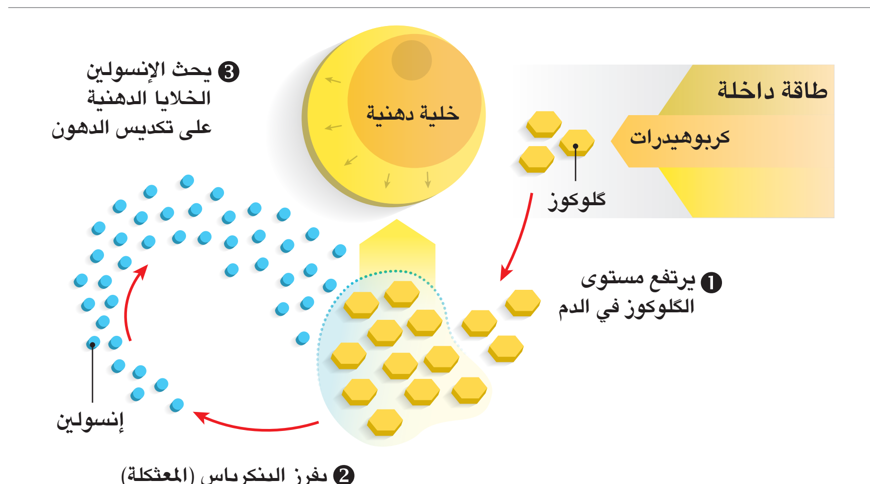
اختلال توازن الطاقة في الجسم

يركز التفسير التقليدي على كيفية تنظيم الجسم لاستهلاك الطاقة وصرفها (الذي يقاس بالكالوريات). إن استهلاك كمية مفرطة من أي غذاء - سواء كان دهونا أو كربوهيدرات أو بروتينات - يزيد كمية الدهون في الجسم. والطريقة الوحيدة لإنقاص الوزن هي تقليل كمية الكالوريات التي يتناولها الشخص أو زيادة صرفها (حرقها).



اختلال التوازن الهرموني

تركز الفرضية البديلة على التنظيم الفسيولوجي المعقد للخلايا الدهنية. إذ يرفع استهلاك الكربوهيدرات مستوى السكر (الكلوكوز) في الدم الذي ينشط **activate** بدوره إطلاق **release** الإنسولين. وتستجيب الخلايا الدهنية للإنسولين بالاحتفاظ بمخزونها من الدهون وحتى زيادته. ويزداد الوزن عندما يبقى مستوى الإنسولين - الذي يطلقه تناول الكربوهيدرات - مرتفعا لمدة طويلة.



والنمط 2 من الداء السكري اللذين يتطوران باستمرار في جميع أنحاء العالم إنما ينطلقان إلى حد بعيد من استهلاك الحبوب والسكاكر في حمياتنا. كما تعني تلك المشكلة أيضا أن الخطوة الأولى لحل هذه الأزمات هي تجنب السكاكر والحد من استهلاك الخضار النشوية، وعدم الاهتمام بكمية الطعام الذي نأكله والتمارين الرياضية التي نجريها.

التاريخ المنسي(**)

لا تُرجح المعارف التقليدية دوما فرضية اختلال توازن الطاقة التي تعم الآن. وحتى الحرب العالمية الثانية استنتج الخبراء الرئيسيون في مجال البدانة (ومعظم فروع الطب) الذين كانوا يعملون في أوروبا أن البدانة، كغيرها من اضطرابات النمو، تنتج من عيب في الهرمونات وتنظيمها، واعتقدوا أن هناك أخطاء في الإنزيمات والهرمونات التي تؤثر في تخزين الدهون في الخلايا الدهنية.

وقبل أكثر من مئة عام وضع الطبيب الباطني الألماني <V. G.> بركمان الفرضية الجديدة (واليوم، إن أعلى جائزة شرف تمنحها جمعية الطب الباطني الألمانية في الوقت الحاضر هي ميدالية <بركمان>). فقد ابتكر هذا الطبيب المصطلح **ألفة الشحم** lipophilia ليصف ميل الأنسجة المختلفة في الجسم إلى تكديس الدهون. وكما هي الحال في الشعر الذي ينبت في بعض نواحي الجسم دون الأخرى، كذلك الحال في الدهون التي تُختزن في بعض الأماكن من الجسم دون غيرها. وافترض أن ألفة الشحم يجب أن تنظم

(*) Calories vs. Carbohydrates
(**) FORGOTTEN HISTORY

بواسطة بعض العوامل الفيزيولوجية.

وقد اختفى مصطلح ألفة الشحم بعد الحرب العالمية الثانية مع استبدال اللغة الإنكليزية باللغة الألمانية **كلغة علم مشتركة** lingua franca. وفي الوقت نفسه تأخر اكتشاف التقانات اللازمة لفهم تكدس الدهون في الخلايا الدهنية، وبالتالي فهم أسس البدانة، حتى أواخر خمسينات القرن الماضي ولا سيما التقنيات التي تقيس بدقة مستوى الأحماض الدهنية والهرمونات في الدم.

وفي أواسط ستينات القرن الماضي، اتضح أن الإنسولين هو الهرمون الرئيسي الذي ينظم تكدس الدهون، في الوقت الذي كانت فيه البدانة تعد اضطرابا غذائيا تجب معالجته بحثّ الأشخاص البدناء أو إرغامهم على تقليل عدد الكالوريات التي يتناولونها. وما أن ربطت الدراسات بين مقدار الكولستيرول في الدم وخطر الإصابة بالآفات القلبية حتى وجّه اختصاصيو التغذية اهتمامهم إلى الدهون المشبعة التي اعتبرت الشرّ الرئيسي في الحمية، وبدأ الخبراء بوصف حمية قليلة الدهون غنية بالكربوهيدرات. أما الفكرة القائلة إن الكربوهيدرات قد تسبب البدانة (أو الداء السكري أو آفات القلب) فقد استبعدت تماما.

ومع ذلك، كان هناك عدد قليل من الأطباء الممارسين الذين يؤمنون بفرضية الكربوهيدرات/إنسولين، وقد ألفوا كتبا حول النظم الغذائية تَدّعي أن الأشخاص البدناء بإمكانهم إنقاص أوزانهم إن تناولوا الكمية التي يريدونها من الطعام طالما تجنبوا تناول الكربوهيدرات. ولما كان معظم الخبراء ذوي النفوذ يعتقدون أن الأشخاص يسمنون لأنهم يأكلون الكمية التي يرغبونها من الطعام فإن الكتب المذكورة اعتُبِرت نوعا من الاحتيال. ولم يساعد أكثر هؤلاء المؤلفين شهرة، ويدعى <C .R. أتكينز>، على قبول هذا الرأي عندما أكدّ أن بالإمكان تناول الدهون المشبعة بكل سرور – كالسرطان البحري وشرائح اللحم مع الجبن – طالما تجنب المرء أكل الكربوهيدرات، إلّا أن الكثيرين اعتبروا هذا الاقتراح شكلا من أشكال سوء الممارسة الطبية.

مناطق مفرطي الحجم(*)

أكثر من **72 مليونا** من البالغين الأمريكيين يُعدّون بدناء	تضم ولاية كولورادو أقل نسبة من البالغين البدناء في الولايات المتحدة **20.7%**
وسطيا، تزيد النفقة الطبية السنوية عند البدناء بمقدار **1.429 دولار** على ما هي عند غير البدناء	في ولاية مسيسيبي توجد أعلى نسبة من البدناء **34.9%**

تجارب قاسية(**)

وخلال السنوات العشرين الماضية تجمعت كثير من البيّنات المهمة التي توحي أن النظام الغذائي الذي تبناه هؤلاء الأطباء قد يكون صحيحا، وأن الفرضية الهرمونية تفسر سبب البدانة التي يعانيها البعض، وأن مقاومة الإنسولين التي ربما تحثُّ عليها السكاكر الموجودة في الحمية هي عيب أساسي لا يوجد في النمط 2 من الداء السكري فقط وإنما في أمراض القلب أيضا وفي السرطان. لذلك أصبح إجراء اختبارات صارمة حول دور الكربوهيدرات والإنسولين أمرا بالغ الأهمية. ولما كان الهدف النهائي هو تحديد العوامل البيئية المثيرة للبدانة، فإن التجارب يجب أن توجه بشكل خاص إلى إيضاح العمليات التي تقود إلى تراكم المزيد من

(*) LAND OF THE SUPERSIZED
(**) RIGOROUS EXPERIMENTS

الدهــون. إلا أن البدانة تحتاج إلى عدة عقود كي تتشــكل، لذلك فإن تراكم الدهون شــهرا بعد شهر، قد يكون ضئيلا ويصعب اكتشافه. وهكذا، فإن الخطوة الأولى التي سيقوم بها الباحثون في المشــروع الممول من المبــادرة NuSI هي اختبار الفرضيات المتنافسة حول إنقاص الوزن الذي يمكن أن يحدث بســرعة نسبيا. والنتائج الأولية لهذه الاختبارات ستســاعد على تحديد الاختبارات المستقبلية، التي نحتاج إليهــا لإيضاح الآليات الفاعلة ومعرفــة أي من الفرضيات هي الصحيحة.

وســيجرى تنفيذ الاختبار الرئيسي الأول من قبل باحثين من جامعة كولومبيا ومعاهد الصحة العامة ومعهد مستشفى فلوريدا للأبحاث في أورلاندو ومركز الأبحاث البيولوجية في باتون روج. وســتضم هذه الدراســة الأولية 16 شخصا من البدناء أو زائدي الوزن الذي سيقيمون طيلة مدة الدراسة في أماكن البحث لضمــان الحصول على تقديرات مضبوطة عن الكالوريات المستهلكة والطاقة المصروفة. وسيُعطى المشاركون في الدراســة حمية مماثلة لما يتناوله الأمريكي العادي - أي مؤلفــة من 50% مــن الكربوهيــدرات (15% منها ســكاكر) و35% من الدهون و15% من البروتين -، وســيعدل الباحثون الكالوريات المستهلكة بدقة إلى أن يتضح أن المشاركين توقفوا عن تكديس الدهون أو فقدها، أي أن الكالوريات التي يأخذونها تساوي تلك التي يصرفونها، ويتم قياس ذلك بواسطة **جهيزة** device تدعى **الغرفة الاســتقلابية** metabolic chamber. وفي المرحلة الثانية، سيعطى المشاركون حمية يبلغ عدد كالورياتها العدد الســابق نفســه موزعة على العدد نفسه من الوجبات و**الوجبات الخفيفة** snacks، إلا أن مكونات الحمية ســتكون مختلفة تماما.

ومحتوى الحمية الجديدة من الكربوهيدرات سيكون منخفضا إلى حد كبير - أي بحــدود 5%، ويتضمن فقط الكربوهيدرات الموجودة بشكل طبيعي في اللحوم والأسماك والطيور والبيض والأجبــان والدهــون الحيوانية والزيوت النباتيــة، إضافة إلى الخضــار الورقية. أما محتوى هذه الحمية من البروتين فيعادل ما تناوله المشــاركون في الحمية الســابقة أي 50% من مجمل الكالوريات، أما الباقي - أي 80% من الكالوريات - فيتألف من الدهون الموجودة في المواد الغذائية المذكورة.

تُهيىء الاختبارات العلمية المهمة في الحالات النموذجية وضعــا تقدم فيــه الفرضيات المتنافســة تنبــؤات مختلفة حول ما ســيحدث. وفي هذه الحالة التــي نحن بصددها، إذا كان تراكــم الدهون ناجما - فــي الدرجة الأولى - عن اختلال توازن الطاقة في الجســم وجــب أن يحافظ هؤلاء الأشــخاص على أوزانهم مــن دون زيادة أو نقصان، لأنهم يتناولون كميات من الكالوريــات تعادل ما يصرفونه منها. إن مثل هذه النتيجة ســتدعم الفرضية التقليدية - وهي أن الكالوري الواحد هو نفسه سواء كان مصدره كربوهيدرات أو دهونا أو بروتينات. وفي المقابل، إذا كان تركيب المغذيات الضخمة يؤثر فــي تراكم الدهون، فإن هؤلاء الأشــخاص يجب أن يفقــدوا الــوزن والدهون عندما يتبعــون **رجيما** regime فقيــرا بالكربوهيدرات، كمــا يجب أن تزداد الطاقة التــي يصرفونها، مما يدعم الفكرة القائلــة إن الكالوريات الصادرة عن الكربوهيدرات هي أكثر قدرة على زيادة الوزن من الكالوريات الصادرة عن البروتين أو الدهون، ويرجح أن يكون ذلك بسبب تأثيرها في الإنسولين.

وأحــد العوائق التي تعترض هذه المقاربة العلمية الرصينة هو أنه لا يمكن الإســراع في إجرائهــا من دون إجراء بعض الحلول الوســط غير المقبولــة. فحتى هذه الدراســة الرائدة ستستغرق ما يقرب من عام كامل. أما اختبارات المتابعة الأكثر طموحا، فإنها ستستغرق ثلاث سنوات أخرى. وإذا استطعنا الحصــول على تمويل إضافي، فإننــا نأمل بإجراء اختبارات أخرى؛ بما في ذلــك إلقاء نظرة أكثر دقة وتتناول تأثير بعض الســكاكر والمغذيات الضخمة في الاضطرابات الأخرى، مثل الداء السكري والسرطان والأمراض العصبية. ولكن، لن يكون أي من هذه الاختبارات سهلا إلا أنها قابلة للتطبيق.

وأحد هذه الأهداف النهائية هو أن نثبت للجمهور العام أن النصائــح التغذوية التي يتلقونها - فيما يخص إنقاص الوزن والصحة العامة والوقاية من البدانة - تعتمد على أسس علمية صارمة وليست تصورات مسبقة أو اتفاقات في الرأي جماعية عمياء. هذا وليســت البدانة والنمط 2 من الداء السكري عبئا خطيرا على المصابين بها فقط وإنما هي أيضا في الوقت نفسه، تربــك نظام الرعاية الصحية فــي بلدنا وربما تربك اقتصادنا كذلك. وإننــا في أمسّ الحاجة إلى بيّنات غير ملتبســة كتلك التي تسعى تجارب المبادرة NuSI إلى الحصول عليها، إذا كنا عازمين على مكافحة هذه الاضطرابات والوقاية منها. ■

مراجع للاستزادة

Insulin and Insulin Resistance. Gisela Wilcox in Clinical Biochemist Reviews, Vol. 26, No. 2, pages 19–39; May 2005. www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1204764
Obesity and Energy Balance: Is the Tail Wagging the Dog? J.C.K. Wells and M. Siervo in European Journal of Clinical Nutrition, Vol. 65, No. 11, pages 1173–1189; November 2011.

Scientific American, September 2013


المجلد 29 العددان 12/11
نوفمبر/ ديسمبر 2013
Majallat AlOloom

بداية الطهي(*)

قبل نحو مليوني سنة، بدأ أسلافنا بشواء اللحم ويناقش <R. رانگهام> أن هذه الوجبات الساخنة هي التي أوصلتنا إلى الإنسان الحالي.

مقابلة أجرتها <K. وانگ>

بما نمتلك من أدمغة بالغة الحجم، وأسنان وأحشاء متقلصة، نعدُّ نحن بني البشر **رئيسيات** primates غريبة. هذا ما يناقشه منذ مدة طويلة <R.رانگهام> [من جامعة هارڤارد] عن السمات الغريبة لنوعنا البشري، التي تكونت مع توجه الإنسان إلى طهي غذائه لتحسين نوعيته وجعله أسهل هضما، مما يُهيئُه لأن يكون مصدرا أغنى بالطاقة. فالبشر، خلافا لأي حيوان آخر، لا يستطيعون العيش على الأغذية الخام الموجودة في الطبيعة. ويضيف: «فنحن نحتاج إلى أن يكون غذاؤنا مطهيا.»

واستنادا إلى التركيب البنيوي لأحافير أسلافنا من البشر، يعتقد <رانگهام> أن **الإنسان المنتصب** Homo erectus قد أتقن طهي غذائه بالنار قبل نحو 1.8 مليون سنة. وقد عارضت انتقادات فكرة أن الطهي يعزز المقدرة على الهضم، وترى أن أقدم آثار معروفة للنار ليست بقدم ما تتنبأ به فرضية <رانگهام>. ويقول <رانگهام> إن الاكتشافات الجديدة تقدم دعما لأفكاره في هذا الصدد.

ساينتفيك أمريكان (SA): كيف توصلت إلى فرضية الطهي؟

<رانگهام>: لقد فكرت في محورين، الأول حاولت فيه معرفة ما هو المسؤول عن تطور شكل الإنسان، وكنت متحمسا إلى حقيقة أن الإنسان أينما كان قد استعمل النار. فبدأت بالتفكير في المدة التي يجب أن أرجع فيها إلى الوراء قبل أن يستعمل الإنسانُ النارَ. وهذا ما رشّح فرضية أن الإنسان قد استعمل النار بصفة دائمة، لأنه لا يمكنه البقاء والنجاة بنفسه من دونها. ويستسلم الإنسان كجنس بشري إلى النوم على الأرض، فأنا لا أرغب في النوم على الأرض في إفريقيا من دون نار تحميني مما يحيط بي من حيوانات برية.

والمحور الثاني هو أنني درست لعدة سنوات سلوك الشمبانزي أثناء تناوله الطعام. فقد أكلتُ كل شيء احتجزته من أغذية الشمبانزي، مدركا تماما طبيعة هذه الأغذية بأنها غير مرضية لأن معظمها ليفي تماما وجاف نسبيا وفيها القليل من السكر، ويغلب عليها الطعم الكريه. وبعبارة أخرى: إنها أغذية بغيضة. وهكذا نصل إلى أن هناك نوعين (الإنسان والشمبانزي) قريبين جدا من بعضهما إلا أن لهما عادات غذائية مختلفة تماما. وقد كانت فرضية واضحة أن الطبخ يُحدث شيئا خاصا في الأغذية المتوفرة في الطبيعة. وكم كنت مندهشا لاكتشافي عدم وجود دليل منهجي يوضح أن الطهي يسهم في كسب طعامنا طاقة صافية إضافية.

وقد ركزتُ خلال الـ14 عاما الماضية على السؤال السابق، لأنني أرغب في الادعاء راضيا بأن الإنسان تأقلم مع الطعام المطبوخ، وكان علينا إعطاء براهين حقيقية حول ما يقدم الطهي للأغذية. ولذلك قامت <R. N. كارمودي> [من جامعة هارڤارد] بتجارب سابقة، وأعطتنا الآن برهانا على أنه إذا طبخنا الغذاء فإننا نحصل على طاقة أكثر.

(SA): يعتقد باحثون آخرون أن زيادة حرية الوصول إلى اللحم سمحت بتقليص حجم الأسنان والأمعاء. فلماذا نفكر في أن الطبخ يفسر هذه التغيرات؟

<رانگهام>: من الواضح أن البشر بدؤوا بأكل لحوم الحيوانات الكبيرة قبل 2.5 مليون عام، وقد تركوا سجلا ثابتا كعلامات قاطعة لهذه الممارسة على العظام في ذلك الزمن. هذا وإن فرضية الطهي لا تنفي أهمية تناول اللحم. ولكن الصعوبة الرئيسية هي في إرجاع تغيرات تشريح الجهاز الهضمي إلى هذه الممارسة.

عندما يكون الغذاء نادرا تنشأ ضغوط معينة على التركيب

(*) THE FIRST COOKOUT



الغذاء المطبوخ يعطي طاقة أكبر ويحتاج إلى مضغ أقل من الغذاء الخام. وفوائده ربما تكون قد حفزت تطوير السمات الرئيسية في الإنسان مثل كبر حجم الدماغ.

البنيوي للجهاز الهضمي تؤدي إلى تغيرات قوية فيه، وفي مثل هذه الظروف توجد في الحيوان دهون قليلة جدا. فلحمه قليل الدهون ويعد هذا غذاء فقيرا جدا. ووجبات الإنسان إذا احتوت على أعلى من نحو 30 في المئة من البروتين فإنها تربكه وبخاصة عندما تخلصه من الأمونيا بسرعة كافية. ونجد خلال فترات ندرة الأغذية أن هناك دائما تناولا لكميات معتبرة من النباتات، وغالبا ما تكون من **الدرنات** tubers. ولأكل هذه النباتات يجب على المرء أن يكون جهازه الهضمي ذا أمعاء كبيرة وأسنان ضخمة ليكون قادرا على تناول الأغذية النباتية القاسية والليفية المنخفضة السكريات.

(SA): وهكذا نرى أن فكرتك بأن أسلافنا عندما قاموا بطهي الأغذية النباتية استطاعوا أن يطوروا أمعاء وأسنانا أصغر وتجنبوا الأكل المفرط لجسمهم الهزيل.

ودعنا الآن نعود إلى ما حدث عندما كانت الأغذية متوفرة والحيوانات تأكل جيدا. فقد ذكرتِ أن الطهي ساعد البشر الأوائل على تناول لحم أكثر بإطلاق أيديهم على الصيد. فما هو المنطق في كل ذلك؟

رانگهام: يتوقع لحيوان من الرئيسيات بحجم الإنسان المبكر أن يقضي نصف يومه بمضغ غذاءه كما يفعل الشمبانزي، في حين يقضي الإنسان الحديث أقل من ساعة في اليوم، سواء أكان أمريكيا أو يعيش في مجتمعات حول العالم أقل دخلا. لذلك، فإن لديك أربع أو خمس ساعات في اليوم لتناول غذاء طري نسبيا. وفي مجتمعات الصيد يقضي الرجال معظم وقتهم في الصيد.

لقد دفعتني الملاحظات السابقة إلى التساؤل عن مقدار الصيد الممكن إلى أن يتمكن أسلافنا من خفض الوقت اللازم للمضغ. فعندما يرغب الشمبانزي في أكل اللحم،

باختصار

من هو
<R. رانگهام>

المهنة
باحث في علم الإنسان
anthropologist

مكان العمل
جامعة هارڤارد

مجال البحث
سلوك الشمبانزي وبيئته وفيزيولوجيته التي تُسهم في فهم تطور الإنسان

الإطار
الطهي أوصلنا إلى الإنسان الحالي

فإن متوسط زمن الصيد عندئذ هو 20 دقيقة فقط، وبعدها يعود إلى تناول الفاكهة. فالصيد مغامرة إذا فشلْتَ فيها، فإنك تحتاج عندئذ إلى أن تكون قادرا على تناول طعامك المعتاد. وإذا قضيت وقتا إضافيا في الصيد من دون نجاح، فلا يوجد لديك الوقت الكافي للقيام بما هو مألوف، وبالتالي تنخفض جودة طعامك. ويبدو لي أن الأفراد تمكنوا بعد الطهي من اختصار وقت المضغ وهذا بدوره أدى إلى زيادة الزمن المخصص للنشاط، ولكنه نشاط مهما كانت احتمالات فوائده لا ينتج غذاء.

(SA): لقد اقترحت أن الطبخ يسمح بتوسيع حجم الدماغ، فكيف للطبخ أن يفعل ذلك؟

رانگهام: تدل الأحافير التي دُرس فيها الدماغ أن هناك زيادة ثابتة وواضحة في حجم الجمجمة بدأت قبل مليوني سنة. ويوجد الآن العديد من الأفكار حول لماذا تم **الاصطفاء** selection في اتجاه الأدمغة الكبيرة، والأحجية فيها هو للسؤال: كيف استطاع أسلافنا تحمل ذلك، كما أن المشكلة أن هذه الأدمغة تستعمل طاقة غير متناسبة ولا يمكن أبدا إيقافها.

وقد قمتُ بتوسيع الفكرة التي طرحتها <C. L.> أيلو> [وهي تعمل الآن في مدينة نيويورك لدى المؤسسة Gren] و<P. ويلار> [من جامعة John Moores في ليڤربول بإنكلترا]، والفكرة هي أن الطعام بعد أن أصبح الطبخ إجباريا ازدادت جودته وساعد بذلك على خفض حجم الأمعاء وتوفير الطاقة والسماح لها بالتحول إلى الدماغ.

في عام 2012 أضافت <K. فانسيكا-أذڤيدو> [من الجامعة الفيدرالية في ريودي جانيرو] معلومات جديدة، فقد أظهرت حساباتهم أن عدد **الكالوريات** calories اللازمة لدعم الدماغ في حالة الوجبة الخام يدفع الإنسان إلى الأكل كل يوم لساعات عديدة، وناقش الباحثون السابقون أن الطبخ قد سمح لأسلافنا بأخذ الطاقة الزائدة لدعم مزيد من **النورونات (العصبونات)** neurons مما يسمح بالتالي بزيادة حجم الدماغ.

(SA): إن الطهي ليس الطريق الوحيد لجعل الطعام أسهل هضما. فكيف نقارن الطهي بالطرق الأخرى؟

رانگهام: ببساطة، إن تخفيض حجم دقائق الطعام وبنيته المتكاملة – وذلك عبر الدق، على سبيل المثال – يجعله أسهل هضما. لقد أنجزت <كارمودي> دراسة أخذت فيها الدرنات واللحم نموذجين يمثلان ما يأكله الصيادون – الجماعون، وتساءلت كيف يحس الجرذ عند أكل هذه الأغذية إذا كانت خاما، أو مطبوخة مسحوقة أو كاملة، وقامت وبحرص شديد بضبط كمية الطعام التي يتلقاها الجرذ مع حساب كمية الطاقة المستهلكة في الحركة وتقييم الطاقة المكتسبة من خلال تغيرات كتلة الجسم. فوجدت أن دق الغذاء له تأثير نسبي ضعيف، بينما أدى الطبخ إلى زيادة ذات شأن في وزن الجسم سواء كان الطعام من الدرنات أو اللحم.

لقد طرحت النتائج السابقة حقائق مدهشة لا تصدق، لأنها الدراسة الأولى التي أجريت لتبين أن الحيوانات تحصل على طاقة صافية أعلى إذا كان الغذاء مطبوخا بدلا من كونه خاما. وثانيا، تبين النتائج السابقة أيضا أن دق الطعام حتى ولو أعطى بعضا من التأثير وأدى إلى اكتساب الطاقة فإن للطبخ تأثيرا أعظم. (ملاحظة المحرر: شارك <رانگهام> في تأليف هذه الدراسة التي نشرت عام 2011).

(SA): هل هناك من دليل جيني يدعم فرضية الطبخ؟

رانگهام: لا يوجد شيء جدي أساسي منشور حتى الآن، لكننا واعون أن سؤالا ممتعا سوف يطرح وهو: هل يمكن الكشف في الجينوم البشري عن دليل بوجود **جينات** genes تتعلق باستعمال الطعام المطبوخ؟ وهذا السؤال يتعلق ويصل إلى **الاستقلاب**[1] metabolism، أو قد يتعلق بالنظام المناعي، كما قد يتعلق بطريقة ما برد الفعل تجاه **مركبات ميلارد**[2]، وهي مركبات خطرة نوعا ما وتنتج أثناء الطبخ. وفي المستقبل سوف يفتح هذا السؤال حقلا شديد الإثارة.

(SA): هناك اعتراض أساسي على فرضية الطبخ يتمثل بعدم وجود دليل في الآثار القديمة له من القِدم ما لهذه الفرضية و يدل على ضبط النار؟ حاليا، تأتي أقدم الآثار من رواسب عمرها مليون عام في كهف وندرويرك[3] بجنوب إفريقيا. وقد ميّز الآن خط مستقل من الدلائل على أن الإنسان قد روّض النار قبل الزمن الذي تقترحه سجلات الآثار. فكيف يمكن لهذا أن يدعم تفكيرك؟

(١) أو: الأيض
(٢) Maillard compounds
(٣) Wonderwerk

<رانگهام>: يحب الشمبانزي العسلَ، ولكنه يأكل القليل منه لمطاردة النحل له. وعلى العكس من ذلك، يأكل الصيادون - الجمّاعون من العسل ما بين 100-1000 ضعف مما يأكل الشمبانزي لأنهم استعملوا النار، حيث يتدخل الدخان في **الجملة الشمية** olfactory system للنحل ويعطبها، وفي هذه الظروف لا يقوم بالهجوم. والسؤال: هو منذ متى استعمل الإنسان الدخان للحصول على العسل؟ وأين يقع دور **دليل العسل** honeyguide (الطيور)؟ إن أكبر دليل يوجه إلى وجود العسل هو أنواع من الطيور الإفريقية اعتادت أن ترشد الإنسان إلى العسل، فالطيور تنجذب إلى

السؤال الممتع حقا هو هل نستطيع الكشف عن وجود جينات مختارة في الجينوم genome البشري لها صلة باستخدام الطعام المطبوخ.

نشاط الإنسان مثل صوت التحطيب والصفير والصياح والضرب، بدلا من أصوات محركات السيارات. وعندما تعثر الطيور على الإنسان تبدأ بالرقص فرحا أمامه ثم تقوده بمخاطبة خاصة لمسافة كيلومتر وأكثر حتى تصل إلى الشجرة التي يوجد فيها العسل، وعندها يستعمل الإنسان الدخان لتجريد النحل من سلاحه، ويفتح طرد العسل بالفأس لاستخلاص العسل منه، وتحصل الطيور على شمع الطرد لتأكله.

لقد اعتدنا على التفكير في أن هذا السلوك الإرشادي للطيور (وهو فطري، غير مكتسب) ينشأ نتيجة الشراكة مع الإنسان (طالب العسل)، وقد تحرك الإنسان مؤخرا مع هذه الترتيبات. ولكن في الثلاثين سنة الأخيرة بدا واضحا تماما أن طالبي العسل نادرا ما يقادون إلى العسل من قبل «أدلاء إلى العسل». فهل توجد أنواع حية غير الإنسان لها هذه العلاقات التعايشية مع الطيور؟ وفي حال عدم وجود أنواع حية غير الإنسان لها هذه العلاقات التعايشية مع الطيور، فهل توجد أنواع منقرضة كمرشحة أفضل لتكون أدلاء إلى العسل؟ حسنا، من الواضح أن المرشحين الأكثر قبولا هم أسلافنا المنقرضون من البشر. وهذه المناقشة تشير بشدة إلى أن أسلافنا استعملوا النار لمدة كافية حتى تمكنوا من تطوير هذه العلاقة بفضل **الانتقاء الطبيعي** natural selection.

لقد اكتشفت <C. سپوتيسوود> [من جامعة كامبردج] أن هناك نوعين من إناث أدلاء العسل الضخمة، أولهما تلك التي تضع بيضها في أعشاش على الأرض وثانيتهما تلك التي تضع بيضها في أعشاش في الأشجار. ومن ثم وجدَتْ أن نوعي السلوك هذا يتوافقان مع ذريتين مختلفتين **لدنا** DNA **الميتوكوندريا** mitochondrial، (أي الدنا الموجود في أحد مكونات الخلية المنتجة للطاقة وينتقل من الأم إلى المولود). واعتمادا على تقييم حذر إلى حد ما لمعدل الطفرة، أمكن لـ<سپوتيسوود> وزملائها تحديد أن الذريتين قد انفصلتا منذ نَحو ثلاثة ملايين عام (مما يوفر تخمينا لأقل عمر لأنواع أدلاء العسل الضخمة). لكن ذلك لا يعني بالضرورة أن عادة الدلالة التي تعتمد على استعمال البشر للنار، هي بذاك القدم - فقد تكون أحدث - وعلى الأقل تخبرنا بأن عمر أنواع من أدلاء العسل قديم بما يكفي لحدوث تغيرات كثيرة في التطور.

(SA): إذا كان الطبخ هو القوة المحركة لتطور الإنسان، فهل هذا الاستنتاج له تأثير في الكيفية التي يجب على الناس وفقها تناول طعامهم؟

<رانگهام>: إذا تذكرنا أن مقترح أكل الغذاء الخام مختلف عن أكله مطبوخا، ثم لم نفكر في النتائج المترتبة على معالجة الغذاء بالطبخ فثمة سوء فهم للطاقة الصافية التي نجنيها من الأكل. وإحدى الوسائل التي تغدو فيها هذه المسألة في غاية الخطورة هي أن الناس الذين يفضلون وجبات الأغذية الخام قد لا يدركون نتائجها على أطفالهم. فقد تقول: «حسنا، إن الحيوانات تأكل الأغذية الخام، والإنسان حيوان، فمن المستحسن بالنسبة إلينا أيضا تناول الأغذية الخام»، وقمت بتربية أطفالك على هذه الطريقة، فأنت تضعهم في خطر شديد جدا، فنحن البشر أنواع مختلفة عن الأنواع الأخرى. لذلك، فمن المستحسن تناول الأغذية الخام، إذا شئنا فقدان الوزن. أما إذا أردنا اكتساب الوزن، كما مع الطفل أو البالغ النحيل جدا، فعلينا عدم تناول الغذاء الخام. ■

مراجع للاستزادة

Energetic Consequences of Thermal and Nonthermal Food Processing. Rachel N. Carmody et al. in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 108, No. 48, pages 19199–19203; November 29, 2011.

oney and Fire in Human Evolution. Richard Wrangham in Casting the Net Wide: Papers in Honor of Glynn Isaac and His Approach to Human Origins Research. Edited by Jeanne Sept and David Pilbeam. Oxbow Books, 2012.

Metabolic Constraint Imposes Tradeoff between Body Size and Number of Brain Neurons in Human Evolution. Karina Fonseca-Azevedo and Suzana Herculano-Houzel in Proceedings of the National Academy of Sciences USA, Vol. 109, No. 45, pages 18,571–18,576; November 6, 2012.

Scientific American, September 2013


المجلد 29 العددان 12/11
نوفمبر/ ديسمبر 2013
Majallat AlOloom

عودة النحل البلدي[*]

إحياء أنواع النحل البلدي يمكن أنْ ينقذ نحل العسل من الانهيار وينقذ كذلك نظامنا الزراعي.

ميجاشيلي مونتيڤاگا

إكسلوكوبا

<H. روزنر>

في حين يمر الإنسان العادي مرور الكرام على نحلة تحوم حول الأزهار، يقضي **علماء الأحياء الميدانيين**[1] وقتا طويلا تحت أشعة الشمس الحارقة في تأمّل تلك النحلة ويتساءلون عما إذا كانت ضمن الـ4000 نوع من النحل المستوطن في الولايات المتحدة - أو هل هي من نوع **النحل الفائق الخضرة**[2] الذي يمتص عرق الإنسان؟ أو ربما هي نوع من نحل **الوقواق الطنان** Bombus suckleyi الذي يمتاز بوجود شعيرات صفراء على حلقة البطن الرابعة، أو له شعيرات سوداء وبيضاء كما في النوع B. occidentalis.

وتعتقد <C. كريمين> [الباحثة في المحافظة على الأحياء] أن أي شخص يمكنه أن يقضي أوقاتا طويلة في فترة الظهيرة لعد حبوب اللقاح. لكن، بالطبع لن يكون المسؤول عن تأمين مصادر الغذاء للأمة، وإنقاذ نظامنا الزراعي من تدهور يلوح في الأفق، غير أنّ <كريمين> قد يمكنها ذلك.

قبل عقد من الزمن، وبعد سنوات من العمل في مدغشقر، حوّلت <كريمين>اهتمامها إلى مشكلة تقترب من بلادها، ولم يكن هناك أي تشخيص أو ذِكْر لموضوع نظام **إدارة مستعمرة النحل** (CCD)[3]. ولكن وردت هناك بالفعل بلاغات من **نحّالين**[4] أمريكيين عن نفوق قياسي داخل خلايا النحل في **معاسلهم**[5]. ومعروف أن ثلث إمدادات الولايات المتحدة من الغذاء يعتمد بصورة أساسية على نحل العسل في تلقيح العديد من المحاصيل: التفاح واللوز والخوخ والخس والكوسا والبطيخ والتوت والبروكلي، وكثير غيرها. لقد بدأت <كريمين> [التي تعمل الآن في جامعة كاليفورنيا ببيركلي] بالتفكير في أنواع أخرى من النحل. فهل يمكن للنحل البلدي البري أن يخفف من اعتمادنا على نحل العسل من خلال تيسير عمله؟

وقد قامت <كريمين>، بالتعاون مع <N. ويليامز> [وكان وقتئذ طالبا خريجا في مختبرها بجامعة برينستون] و<R. ثورب> [وهو مصنف مشهور للنحل] بدراسة تلقيح البطيخ في الوادي الأوسط من ولاية كاليفورنيا. فقد راقبت <كريمين> وفريقها عدد المرات التي زار فيها 39 نوعا مختلفا من النحل زهرةً بعينها، وكمية اللقاح التي أودعتها كل نحلة. واستنادا إلى دراسات سابقة، توصلوا إلى أنّ تكوين بطيخة ريّانة واحدة يحتاج إلى نحو 1000 حبة من حبوب اللقاح. وتبيّن أنّ أصحاب المزارع الذين يعتمدون على المواد العضوية لم يبذلوا أي عناء في تلقيح مزروعاتهم لأن النحل البلدي قام بهذه المهمة بجدارة، كما وفّر عليهم كثيرا من الأموال التي كانت تدفع عادة للقيام بهذا العمل. وفي المقابل، لم يحقق النحل هذه المهمة في المزارع التقليدية التي زُرعت فيها مساحات شاسعة بمحصول واحد، ومن دون نحل العسل سيضطر أولئك المزارعون إلى البحث عن وظائف جديدة.

لقد توصّل البحث في تلك الدراسة، والذي نشر عام 2002

لاسيوجلوسم

باختصار

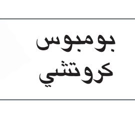
تعتمد الولايات المتحدة في المقام الأول على حشرة واحدة - نحلة العسل الأوروبية المستأنسة - لتأبير (تلقيح) ثلث مصادرها الغذائية، بما في ذلك تلك المحاصيل اللذيذة كالتفاح والخوخ واللوز والخس والبروكلي والتوت البري والكوسا وغيرها.

ولأنّ **اضطراب انهيار مستعمرات النحل** (CCD)[3] وأمراضا أخرى تُواصل تدميرها لتجمعات نحل العسل، يحوّل الباحثون اهتمامهم إلى ملقحات بديلة - آلاف الأنواع من النحل البلدي المنتشرة في أرجاء البلاد - ويبحثون عن سبلٍ تجعل الأراضي الزراعية أكثر جاذبية للنحل البري.

تشير الدراسات حتى الآن إلى أنّ تأهيل الموائل البرية القريبة من المزارع لاستقبال وتربية النحل البلدي تزيد كذلك من كفاءة نحل العسل نفسه في التلقيح.

(*) RETURN OF THE NATIVES
(۱) biologist
(۲) ultragreen bee
(۳) colony collapse disorder: خلل نظام إدارة مستعمرة النحل
(٤) beekeepers: أو مربّو نحل
(٥) beehive: خلايا النحل







بومبوس كروتشي

ميجاشيلي فايديليس

أوسميّة

بومبوس فوسنيكي

إكسلوكوبا تاباني فورميز

في المجلة الأمريكية the Proceedings of the National Academy of Sciences، إلـى أن قيـام المزارعين بإعـادة موائل النحل البلدي إلـى حقولهم، يمكنهم من أنْ «يقللوا من خســائرهم فيما لو حدث شـحّ في نحل العسل جرّاء الاستعاضة جزئيا عن خدمات النحل البلـدي.» وخلال عقد من الزمن تلا ذلك، قام باحثون آخرون بالاستشهاد 614 مرة بتلك الدراسة التي يُنظـر إليها الآن على أنها متبصّــرة. وفي تلك الأثناء، انضم النظام CCD إلـى قائمة طويلة من الأمراض الموجودة بالفعل والتي تُصيب خلايا نحل العســل وتُلحــق أضرارا متزايدة بالثــروات الاقتصادية للنحّالين. وتقــول ‹كريمين› [الحائزة عــام 2007 على جائزة genius grant التي تمنحها MacArthur Foundation)] «إن النحل يُخبرنا بشــيء أساســي للغاية عن نظامنا الزراعي، وكم هو بعيد عن كونه متوازنا.»

وحاليا يقوم الآن الجيش الأمريكي في نطاق حماية الأمن الغذائي للأمة، بتمويل جزئــي لأبحاث ‹كريمين› التي تعتقد أن الأمن الغذائي عنصر من عناصر استحداث نظام زراعي مرن، وتضيف أن النباتات التي تُلقَّح بواسطة الحيوان تسهم في 98% من إجمالي ڤيتامين C المنتج من المحاصيل الرئيسية في العالم، و70% من ڤيتامين A و 55% من **حمض الفوليك**[1]، و74% من الدهــون. وترى ‹كريمين› أن زوال الملقحات يؤدي إلى المــوت جوعا، وتضيف ‹كريمين› بأننا ســنعاني جميعا **الإسقربوط**[2] أو علةً ناجمةً عن نقص في ڤيتامين آخر.

إن أزمة نحل العســل تُبرز الخطــر الهائل الذي أوجدناه في نظامنا الغذائي من دون قصد وذلك باعتمادنا على حشرة واحدة في تلقيح قســم كبيــر من إمداداتنــا الغذائية. وكما أوردت المؤلفــة ‹H. نوردهاوس› في كتابها "The Beekeeper's Lament" «يتوقع المزارعون من النحل أنْ يعمل كأي آلة أخرى في المزرعة – المهزّات والكانســات والحارثات والحاصدات.» ولكن نحل العسل مخلوقات حية، تخضع للحقائق البيولوجية. وعلى الرغم من مرور 400 عام من استئناس النحل، فإن أمورا عديدة مازالت مبهمة عن بيولوجيا نحل العسل – مثلا: سرعة تأثر هذه الحشــرات بالطفيليات والڤيروســات في الأحوال المناخيــة. وصحيح أنّ النحل يمكــن تدجينه، لكنه لايبقى في حظيرة كما تفعل الماشية.

هناك أشــياء أخــرى يمكننــا التحكم فيهــا: وعلى وجه التحديد، العوامل البيئية التي تسيطر على دورة حياة النحل. وكمــا تُبين الوقائع، فإننا قد غيرنــا البيئة لتكون إلى حد ما أكثر ســوءا بالنسبة إلى النحل. وتقول ‹كريمين›: «إنّ نظامنا الزراعي الأحاديّ المحصول يخلق حاجة كبيرة إلى جيش من الملقِّحــات، وليس هناك في الواقع وســيلة لتأمين ذلك إلا من خلال نحل العسل. ولو عانى هذا النحل مرضا أو مشكلات، فماذا نحن فاعلون حينئذ؟»

سفن أشباح[*]

إنّ مــا يعرف بالعامية بنحل العســل يســمى على نحو أدق **نحــل العســل الأوروبــي** Apis mellifera، الــذي وصل أولا بوصول مســتوطني المســتعمرات الأوائل الذين جاؤوا على ظهور الســفن من إنكلترا نحو عام 1620. ومنذ البداية، اجتاحت الآفات والجراثيم خلايا النحل، وصارت تربية النحل معركــة يحاول فيها النحّالون البقاء على بعد خطوة أو اثنتين من شراســة **منجل الحصاد**[3]. وعث الشــمع ومرض **فساد الأجنــة الأمريكــي** American foulbrood والجفــاف و**مــرض الهــزال** nosema disease – وهــذه غيض من فيض مما انتظر على مرّ القرون خلايا النحل والنحّالين على السواء.

وقد ذكرت ‹نوردهاوس› أنه في خريف عام 2006 اكتشف نحّــال (صار ذائع الصيت الآن) يدعى ‹D. هاكنبرگ› أنّ 360 مــن بين 400 من خلايا النحل التي لديه في فلوريدا كانت بلا حياة – إذْ لم يكن هناك نحل على مرأى البصر. «لقد انتظرت تلك الخلايــا الممتلئة **بحبــوب اللقاح**[4] والعســل واليرقات – مثل ســفن الأشــباح – ســكانها من النحل ، ولكن أولئك السكان لم يعودوا أبدا.»

وبحلــول الشــتاء التالي فَقَدَ بعــض النحّالين 90% من خلايا النحــل التي لديهم؛ ودُمر ثلث خلايا عســل النحل عبر البلاد بالطريقة الغامضة هذه. ويســمي الباحثون تلك النواقــص «اضطــراب انهيار مســتعمرات النحل» – وإنْ أصبحت هذه العبارة تُطلق كناية عن جميع الأمراض التي تصيب نحل العسل.

وقد فشــل العلماء فــي إيجاد حل لتلــك الظاهرة. فقد اتهمت الدراســاتُ الحديثــة المبيداتِ الحشــرية التي تؤثر في **أعصاب الحشــرات**[5] وتســتعمل على نطاق واسع في مكافحة الآفات. ولكن المبيدات ليست المتهم الأول وراء تراجع أعداد النحل وتعرض مســتعمراته للإصابة بالجراثيم مثل: **الفطريــات الطفيليــة** parasitic fungus التي تســبب مرض الهــزال و**ســوس الفــاروا** varroa mites وهي طفيليات بلون

(*) GHOST SHIPS
(1) folic acid
(2) scurvy: مرض ناتج من نقص ڤيتامين C.
(3) reaper's scythe
(4) pollen
(5) neonicotinoids أو neonics



المؤلفة

Hillary Rosner

‹روزنر› كاتبة مستقلة مقيمة في كولورادو. وهي تكتب لصحف ومجلات مثل: Wired، the New York Times, Mother Jones, Popular Science وغيرها.

الصدأ تمتصّ السوائل الحيوية في النحل، وتنشر أمراضا ڤيروسية مسببة الشلل. (في أستراليا، حيث تُستخدم المبيدات الحشرية العصبية بكثرة، لا يوجد سوس الفاروا، وتبقى مستعمرات نحل العسل سليمة.) وهناك عوامل أخرى تؤدي إلى هذا الانهيار، من بينها: مبيدات الفطريات والقحط والغذاء القليل التنوع.

هذه المشكلة المركّبة قد يكون مردّها إلى أنّ نظامنا الزراعي يعتمد على نحل العسل ويسهم في نفوقه في آن واحد. فالاعتماد على نوع واحد من النحل في تلقيح نحو 100 محصول مختلف هو أمر لا يمكن تبريره. وفي كل عام، يطوف النحّالون بخلايا نحلهم في أرجاء البلاد بعربات مقطورة عقب إزهار المحاصيل المختلفة: من اللوز إلى الكرز إلى التفاح، إلى غير ذلك. وغالبا، عندما لا تكون المحاصيل مزهرة، لايكون هناك الكثير للنحل ليأكله. عندئذ، يقوم النحّالون بتكملة غذاء النحل بشراب الذرة أو الماء المحلّى – وهما ليسا بالقيمة الغذائية نفسها التي تزوّدها حبوب اللقاح ورحيق الأزهار الطبيعيين. إضافة إلى ذلك، وأثناء مناسبات تلقيح واسعة للمحاصيل (مثل إزهار اللوز)، تتجمع نحو 1.5 مليون خلية نحل من شتى أنحاء البلاد في كاليفورنيا – مُهَيِّئة بهذا ظروفا شبه مثالية لنقل الأمراض. وما عليك إلا أن تتخيل تجمعا ضخما لمنتسبي رياض الأطفال والجراثيم تتناقل فيما بينهم في البلاد من كل حدب وصوب.

قوّة الزهرة(*)

في يوم مشمس من أوائل الشهر 4، وبعد وقت من انتهاء موسم إزهار اللوز، ذهبتُ إلى ‹ويليامز› [الذي يعمل الآن بجامعة كاليفورنيا في ديفيز] للاطلاع على أنشطته البحثية الحديثة. وبجانب حقلٍ لشجر الجوز قرب الجامعة امتدّ لبضع مئات من الياردات صفٌ من الشجيرات الطويلة غرسها الباحثون، مكوّنٍ من: براعم حمراء غربية (شجيرة صغيرة في العائلة البقولية) وتوت القهوة ونبات الصمغ و**المريمية**(1) و**فرشاة الذئب**(2). وكانت هذه الشجيرات على درجات متفاوتة من الإزهار، وهناك نحل أسود صغير يطير من زهرة إلى أخرى. إنه **النحل البنّاء** mason bees المعروف ببنائه حجيرات صغيرة داخل مساكنه الخشبية.

وفي عام 2012، سجلت ‹كريمين› وفريقها ما مجموعه 130 نوعا من النحل البلدي الذي جذبته سياجات شجرية مجاورة لأربعين حقلا من حقول المزارع المختلفة. واستنادا إلى سجلات تاريخية، كانت كاليفورنيا موئلا لنحو 1600 نوع من النحل البلدي – حتى وإنْ لم يكن من الواضح كم بقي منها في هذا الوقت. وأشارت دراسة حديثة نشرت في المجلة Science إلى أنه على مدى 120 عاما فقدت إلينوي نصف أنواع نحلها البري. ومردّ ذلك، إلى حدّ كبير، تناقص أعداد النباتات البرية المزهرة. وتوصّلت دراسة أخرى إلى أنّ أربعة أنواع من **النحل الطنان** bumblebees الأمريكي فقدت 87% من موائلها، مما خفض مراتبها بنسبة 96%.

تأمل ‹كريمين› بأن تثبت أنه ليس فقط السياجات الشجرية التي تجتذب النحل، وهذا واضح بالفعل، بل وكذلك بأن تلك السياجات تزيد من مجمل عدد النحل وتنوّعه في المنطقة بدلا من سحبه من أماكن أخرى. ويقول ‹L. مكونيگل› [باحث ما بعد الدكتوراه في مختبر ‹كريمين›]: «إنّ من الممكن لك أنْ تزرع سياج الشجيرات هذا، وسيقوم هو باستهواء النحل من حوله،» ثم يضيف: «عندما يزهر محصولك، يصبح أكثر جذبا للنحل البلدي من المناطق الريفية.» وبكلمات أخرى، فإن أسلوب التجديد قد يهمّ كثيرا.

في مزرعة بحوث تمتلكها جامعة كاليفورنيا في ديفيز، هناك حوض عملاق لنباتات يصل ارتفاعها إلى الركبة. وبعض هذه النباتات كان مبرعما ومُزهرا بالفعل، وضاربا جذوره بين صفوف المحاصيل المرتبة بأناقة باتجاه الأفق. وهنا يُجري ‹ويليامز› تجاربه على نباتات عشبية عريضة الأوراق (معمّرة وحولية)، والتي من الممكن أن تستهوي المزارعين الذين لايرغبون في وجود النباتات الخشبية المزعجة في حقولهم. والأنواع النباتية التسعة في تجارب ‹ويليامز› الحالية هي توليفة نباتات صحراوية ومحلية جرى اختيارها بغرض إدامة التنوع والوفرة على مدار الموسم.

ويأمل العلماء أيضا بأن يعرفوا أكثر العلاقةَ بين النحل البلدي ونحل العسل. وفي دراسة نُشرت عام 2013، كشف

(*) FLOWER POWER
(1) sage
(2) coyote brush: شجيرة تنمو في كاليفورنيا.



باحثــون من مختبــرات ‹ويليامز› و‹كريمين› أنّ نحل العســل يُصبح أكثر فعالية في تلقيح شـجر اللوز بوجود كل من الأنواع البلدية المختلفة و**نحل البستان الأزرق المروض** blue orchard bees، وهو نوع **مُدار** managed. وكلما زادت كفاءة نحل العســل في العمل، قلّ العدد المطلوب في تلقيح حقل من الحقول. ويدرس الباحثــون الآن فيمــا إذا كان أثر كيميائي معــيّن يتركه النحل البلدي يحفز في الواقع نحل العسل على مزيد من التنافس.

إن السياجات الشجرية والأزهار البرية تبدوان وكأنهما بستانان مهذبان يعتمران قبّعات مرنة. ومع ذلك، فإنّ مجمل الأمر ببســاطة يبدو وكأن إعادة الموئل الأصلي إلى المَزارع قــد تمثّل بداية لثــورة زراعية تُتيح ديمومــة أكثر لمصادرنا الغذائيــة. ولا توجد تقانة حالية يمكنهــا تلقيح المحاصيل. ففي جنــوب غرب الصين أدى فقــدان الموائل والإفراط في اســتخدام المبيدات الحشــرية والجني الجائر للعسل إلى هروب النحل، حيث اضطر العاملون إلى القيام يدويا بتلقيح بســاتين التفاح والخوخ - إذْ إنهــم ينقلون اللقاح من زهرة إلى أخرى بفراش صغيرة. وهــذا العمل يحتاج إلى جهود جبارة وعمالة كثيفة للغاية. وبالنســبة إلى الولايات المتحدة تنتــج الفواكه بتكلفة باهظة. فالنحل - وليس نحل العســل فقط - هو أملنا الوحيد.

وإحــدى الطرق التي يهدف بها العلماء إلى تنشــيط هذه الثورة الزراعية هي الاســتعانة ببرنامــج يُطلق عليه **التلقيح المتكامــل للمحاصيل** (ICP)[1]. ويتكون هــذا البرنامج الذي تموّله وزارة الزراعة الأمريكية من سلســلة خيارات وخطوات لتحســين نوعية نحل العســل - بما في ذلك توســعة الموئل والحــدّ من اســتخدام المبيدات الحشــرية وإضافة ملقِّحات مدارة. ويتوفر حاليا، وعلى نحو تجاري، بضعة أنواع أخرى من النحل - مثــل مجموعة **البســتان الأزرق**[2] التي يمكنها مساعدة المزارعين على تحسين نوعية مجتمع نحل العسل.

لقد بدأ برنامــج التلقيح ICP كفكــرة جالت في خاطر .R‹ إســحاق› [عالم الحشرات في جامعة ولاية ميتشيگن] الذي يقضي كثيرا من الوقت بين الشجيرات المثمرة. وأثناء دراسته لطرق تمكنه من مكافحة الخنفساء اليابانية وأعداء آخرين لشــجيرات **التــوت الأزرق**[3] بــدأ بملاحظة جميع النحل وليس نحل العسل فحسب، فقد لاحظ نحل ميتشيگن البلــدي مثل: نحل B. impatiens الطنان المتلئ، والنحل ذو **الأكتاف المشــعّرة** Andrena bees، ونحل Ceratina الأســود الصغير الذي يبني أعشاشــه في سيقان النباتات النحيلة المجوّفة. وأدرك عالم الحشــرات ‹إسحاق› أنه ما من أحد يســتطيع فعلا أنْ يفرق بين أنواع النحــل وأعداده. لذلك شــرعتْ .J‹ تيول› [طالبة الدراســات العليا بمختبره] في تصنيــف النحل. وقد وجدت 112 نوعا مــن النحل البلدي يحــوم حول حقول توت أزرق في طــور الإزهار، و54 نوعا إضافيا كان نشطا قبل الإزهار وبعده.

فقد كان معظم النحل البلدي من أنواع انفرادية المعيشة: أفراد تبني أعشاشها في التربة بدلا من العيش في مستعمرات جماعية. وأكثر الأنواع شيوعا كانت Andrena carolina (نحلة بنّية متوســطة الحجــم تجمع غبار الطلع مــن النباتات التي تنتمــي إلى عائلة التوت الأزرق فقط - بما فيها التوت الأحمر والتــوت البري و**الأزاليا**[4]). وعلى وجــه العموم، كان النحل فــي معظمه من الأنواع العامة التي تجمع اللقاح من مجموعة واسعة من النباتات.

وقبل بضع سنوات، قرر ‹إسحاق› و ‹كريمين› أنْ يحددا عدد النحل البري الذي يســهم في تلقيح التوت الأزرق. وقد

تُبرز أزمةُ نحل العسل الخطرَ الهائل الذي أوجدناه داخل نظامنا الزراعي باعتمادنا على حشرة واحدة لتلقيح هذا الكمّ الهائل من مصادرنا الغذائية.

قــدر الباحثون أنّ قيمة المحاصيل الملقحــة عن طريق النحل البري تبلغ نحو 3.1 بليون دولار سنويا، في حين أنّ المحاصيل الملقحة عن طريق نحل العســل كانت علــى وجه التقريب 15 بليون دولار. واكتشف ‹إســحاق› أنه في الحقول الصغيرة التي تقل مســاحة الواحد منها عن **فدّان**[5] مربّع يكون النحل البري مسؤولا عن تلقيح ما مساحته 82% من الحقل. أما في الحقــول الكبيرة (1.5 - 16 فدّانا) فلــم يلقّح النحل البري إلا 11% من مســاحة الحقل. وحيث إنّ غالبية التوت الأزرق في ميتشــيگن تنمو في مزارع كبيرة، قدّر ‹إســحاق› أنّ النحل البري يلقّح 12% فقط من شــجيرات التــوت الأزرق في هذه الولاية. وأضاف ‹إســحاق› أن هذا بعيد للغاية عن أنْ يكون كافيا كضمان عدم تراجع عدد نحل العسل.

بَيْدَ أنّ الأمر ســيكون مختلفا لو أنه كان لدى المزارعين

(١) Integrated Crop Pollination
(٢) the blue orchard
(٣) blueberry: أو العنبية
(٤) azalea
(٥) acre: يساوي 4047 مترا مربعا



نحل بلا حدود(*)

لا يعتمد المزارعون في الولايات المتحدة الأمريكية على النحل البلدي أو حتى على نحل العسل لتلقيح ما يكفي من المحاصيل الزراعية، ولكنهم يحتاجون إلى جلب خلايا نحل من 1600 نحلة مهاجرة عابرة للبلاد ما بين شهور 2 و 11، وهذه الهجرة السنوية تجهد النحل وتُلحِقُ ببعضه أمراضا تجعل النحل المريض يختلط بالنحل السليم ويقلّل من حصوله على وجبات غذائية صحية في طريق الهجرة.

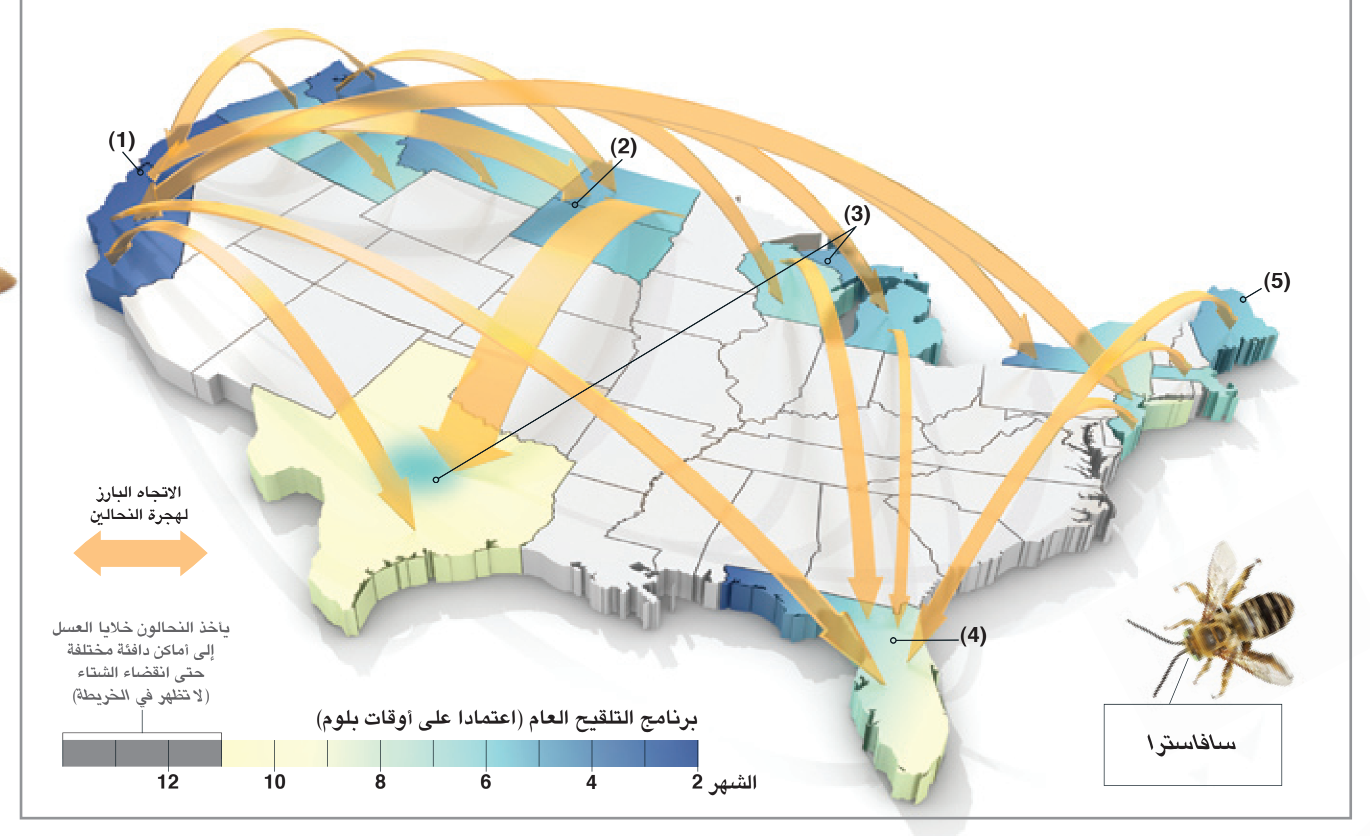
(1) في الشهر الثاني من كل عام يلتقي معظم النحّالين في الوادي الأوسط لتلقيح أكثر من 800 000 فدان من اللوز. أما التفاح والبرقوق والكرز في كاليفورنيا والولايات المجاورة فيلزمهما أيضا لقاح نحل العسل.

(2) في أشهر الصيف، يتجه كثير من النحّالين التجاريين إلى داكوتا الشمالية وداكوتا الجنوبية، حيث يسمحون لنحلهم بالتهام حقول الفصة والبرسيم وزهرات دوار الشمس لإنتاج معظم عسلهم لتلك السنة.

(3) في فصليّ الربيع والصيف يسافر بعض النحّالين إلى حقول المزهرة في ميتشيكن ومستنقعات التوت البري في ويسكونسن. وآخرون يؤثرون الذهاب إلى حقول البطيخ والكنتالوب والخيار في تكساس، التي تجتذب النحالين في فصل الخريف لتلقيح القرع.

(4) نظرا لتغير مناخ فلوريدا من شبه استوائي إلى استوائي، تكون بعض النباتات مزهرة دائما في الولاية المشمسة. وتعتمد فلوريدا على نحل العسل في تلقيح التوت الأزرق في وقت مبكر من الشهر 2، والطوبال (شجر ضخمة في شمال أمريكا) والبلوط الأخضر في الشهر 4، وأشجار الفلفل البرازيلي في الشهر 9.

(5) يسافر النحّالون المتنقلون إلى شمال وجنوب الساحل الشرقي على مدار العام كذلك، وهم يترددون على حقول التفاح والكرز والقرع والتوت الأزرق والتوت البري والخس والخضار المختلفة في بنسلفانيا وماساتشوسيتس ونيويورك ونيوجيرسي.



حافز اقتصاديّ لإضافة موائل في **الحقول المستريحة**(1) أو في مناطق معرّضة للصقيع، أو تتّسم بتربة فقيرة أو أنها خلاف ذلك غير صالحة لشجيرات التوت الأزرق. وقد قام أحد الطلبة الخريجين في مختبر <إسحاق> بتقصّي موضوع التلقيح في خمسة من حقول التوت الأزرق بمساحة حدّها الأقصى 10 فدادين مزروعة بما تصل مساحته إلى فَدّانين بأزهار ميتشيگن البرية البلدية في خليط يُزهر من الربيع حتى بداية الخريف. وبيّنت الدراسة، التي لم تُنشر أو تعرض على محكمين علميين بعد، أنّ تجمعات النحل البلدي المتنامية زادت من محاصيل ثمار التوت الأزرق، ممّا مكّن المزارعين من استرداد تكلفة إنشاء موائل خلال ثلاث أو أربع سنوات. ويقول <إسحاق> إنّ كلفة إنشاء موئل تبلغ نحو 600 دولار للفدّان الواحد، وإن إدارة خدمة الحفاظ على الموارد الطبيعية (USDA NRCS)(2) التابعة لوزارة الزراعة الأمريكية، لديها برامج ستغطي ما بين 50 إلى 90 في المئة من النفقات.

(*) Bees without Borders

(1) fallow fields: أرض تحرث ثم تترك موسما كاملا من غير زرع رغبة في راحتها.

(2) the USDA's Natural Resource Conservation Service

ويواصل الباحثون سعيهم إلى إيجاد أفضل الطرق لرعاية النحل البلدي، لكن المزارعين يستطيعون البدء بتحسين تلقيح المحاصيل الآن. و<J.> فرانكي> [اختصاصي علم أحياء النحل بجامعة كاليفورنيا في بيركلي، ويقع مكتبه فوق مكتب <كريمين> مباشرة] أمضى أكثر من عقد من الزمن في تصميم موائل نحل للحدائق الحضرية، وبدأ الآن بتطبيق هذه الخبرة على الزراعة. يقول <فرانكي>: «ليس بالاستطاعة امتلاك مقاس واحد يناسب جميع الأنماط.» ثم يتابع: «كل مزرعة ستكون مختلفة باختلاف حاجاتها. لكن الفكرة أنه سيكون بمقدورنا أن نكتب وصفة لأي مزرعة: أنتم بحاجة إلى كذا وكذا وكذا.» وقام <فرانكي> بغرس مزيج من الشجيرات والنباتات العشبية قرب شجيرات **العليق** blackberry وأشجار الكرز في أربع من مزارع مدينة برينتوود في كاليفورنيا (على بعد ساعة من بيركلي). وهو بهذا يأمل أنْ يعدَّ سلسلة من دراسات الحالات case studies مثل – «حاصدة بساتين، حاصدة صفوف، 25 فدّانا، 145 فدّانا» – مما يمكن أنْ يستخدمه للوصول إلى أنواع مماثلة من المزارع.

في تلك الأثناء، تشاركت منظمة Xerces[1]، مستخدمة بيانات من <كريمين> و<ويليامز> وآخرين، مع الإدارة USDA NRCS في بناء «برنامج تحسين الملقِّحات». ومنذ عام 2009 قامت المجموعة بتدريب أكثر من 20 000 مزارع يمثلون وزارة الزراعة الأمريكية وبرنامج USDA ووسطاء زراعيين – على معرفة قيمة النحل البلدي. كما أنها طوّرت حزمة خطوط إرشادية محسوسة للمزارعين، أوضحت فيها كيفية تخطيط **مرْج** meadow لاجتذاب النحل البلدي، وتقليل آثار المبيدات الحشرية.

والمزرعة التي تُنشأ لاستقبال النحل البلدي يمكن أنْ تكون أفضل حالا في نهاية المطاف، من تلك التي تعتمد على نحل العسل. إنّ هناك أكثر من 20 000 نوع من النحل البلدي تحوم حول العالم. ومن الأرجح بكثير أن هذا النحل، أكثر قدرة كمجموعة، على التعافي من المرض والتعامل مع **الظروف المناخية القاسية** extreme weather من أي نوع منفرد من الملقِّحات. وتعتقد <كريمين> أنّ السياجات الشجرية ما هي إلا خطوة أولى، وأنّ التحدي الحقيقي سيكون شمول مزارع بمساحة 1000 فدّان، وإعادة الملقِّحات إلى مساحات واسعة من المناطق الزراعية الأحادية المحصول. إنها تتصوّر نظاما تكون فيه المزارع مقسّمة إلى وحدات منفصلة تزهر في أوقات مختلفة، بحيث يتوفر هناك طعام دائم للملقِّحات.

إنه نظام أخذ به بالفعل بعض المزارعين. ففي الوادي الأوسط يقوم <F. مولر> وشقيقاه بزراعة تشكيلة مختلفة من المحاصيل التقليدية والعضوية لسلسلة متاجر – مثل Safeway و Walmart، بما في ذلك الطماطم المعلبة والخيار المخلل وكل شيء من اللوز إلى عنب النبيذ إلى زهرات دوار الشمس. وقام أفراد هذه العائلة بزراعة موئل لاجتذاب نحل بلدي، وشرعوا في عملية تربية نحل العسل في مزرعتهم الخاصة. وسيزرعون أيضا نباتات اختيرت خصيصا لتأمين الرحيق في الأشهر المتبقية، وبذلك لن نفقد نحلنا. وعن الأزمة، «فما نحتاج إليه هو فقط إدارتها بشكل مختلف.»

حتى هذه اللحظة لا زالت عائلة <مولر> ضمن أقلية. فليس جميع المزارعين على استعداد لأنْ ينقلبوا على أساليبهم الضاربة في القدم في فعل الأشياء – أو أنْ يدفعوا مالا من أجل جلب مزيد من الملقِّحات، على الأقل حتى تلسعهم مباشرة نيران مأزق نحل العسل وتُلحق بهم الضرر. ومع استمرار معاناة نحل العسل، يزداد عدد المزارعين الذين من الممكن أن يعْدلوا عن رأيهم في هذا الصدد.

ويعتقد <مگونيگل> أنّ أزمات نحل العسل يمكن أنْ تكون «نعمة بزيّ نقمة»، لأنها «تُجبرنا على أنْ نفكر: ما الذي علينا أنْ نفعله للإبقاء على إنتاجنا من الغذاء؟ في المدى الطويل، قد ننظر خلفنا ونقول: بخ بخ، لقد كانت هذه وسيلة جيدة لجعلنا نعيد النظر في أولويّاتنا، ونبدأ التفكير بالحفاظ على الأنواع البلدية من النحل.»

أثناء مشاهدتي لخليط نحل العسل وأبناء عمومتها البرية وهي تنتقل برشاقة بين الزهور الأرجوانية في إحدى سياجات <كريمين> الشجرية، يسهل عليّ أنْ أفهم ما الذي يعنيه <مگونيگل> بقوله. فنظامنا الزراعي الحديث برمّته نما مع نحل العسل، لذا لن يكون علينا أبدا أن نعتقد أنّ الاعتماد على نوع واحد من الملقِّحات لايمكن على الأرجح أن يكون أمرا مستداما. وهذا قد يكون نافذة لفرصة قصيرة الأمد. ■

(1) منظمة بيئية غير ربحية.

مراجع للاستزادة

The Beekeeper's Lament: How One Man and Half a Billion Honey Bees Help Feed America. Hannah Nordhaus. HarperCollins, 2011.
Are Neonicotinoids Killing Bees? A Review of Research into the Effects of Neonicotinoid Insecticides on Bees, with Recommendations for Action. Jennifer Hopwood et al. Xerces Society for Invertebrate Conservation, 2012.
www.xerces.org/neonicotinoids-and-bees

Scientific American, September 2013





المجلد 29 العددان 12/11
نوڤمبر/ ديسمبر 2013

Majallat AlOloom

بكتيرات تستخدم بدائل لمبيدات حشرية(*)

يُعَدُّ تجنيد البكتيرات (الجراثيم) والفطور الموجودة في التربة لدعم المحاصيل الزراعية، بديلا واعدا للاستخدام الجائر للأسمدة والمبيدات الحشرية.

<R. كونيف>

إن الطماطم الطازجة اللامعة من كشك على جانب الطريق والتي تقدم مع لا شيء سوى قليل من الملح والفلفل ورشة من زيت الزيتون – هي واحدة من متع الصيف التي لا تنتهك. فهل يصبح هذا حلما؟ ربما يكون ذلك.

خلال العقد الأخير وفي كل سنة، رصد باحثو الصحة العامة على الشاطئ الشرقي للولايات المتحدة جائحة أو اثنتين لبكتيريا **السالمونيلا**(١)، وكانت الطماطم هي المسؤولة عنها. وهذه الجائحات صغيرة عادة وتصيب عشرة إلى مئة شخص. ومع ذلك، فهي عندما تطال صغار السن أو المسنين فإنها قد تؤدي إلى دخول المستشفى وربما الوفاة.

بدأ <E. براون> [مدير قسم الأحياء الميكروية بمركز أمان الغذاء والتغذية التطبيقية لدى إدارة الغذاء والدواء الأمريكية (FDA)(٢)] يتساءل لماذا طماطم الشاطئ الشرقي بالذات هي المتهمة؟ إن بكتيريا السالمونيلا ربما تصل مزارع الطماطم من المياه السطحية ومن فضلات **نورس البحر**(٣) والسلاحف والدواجن والحيوانات الأخرى. ولكن، لماذا لا تتعرض طماطم الشاطئ الغربي للتلوث نفسه؟

وقد جاء الجواب عن ذلك التساؤل من خلال مراقبة دقيقة لمجتمع البكتيرات والڤيروسات والفطور الذي تعيش فيه النباتات وتحاط به، والذي يدعوه العلماء **بيئة طماطم الشاطئ الغربي الميكروية**(٤). وفيه تنمو **بكتيرات تربة**(٥) تثبط نمو السالمونيلا وربما تقتلها. وعندما حاول العلماء اصطياد مثل هذه البكتيرات في الشرق وجدوها ولكن بأعداد أقل. وهكذا، وفي دراسة رائدة في فيرجينيا قامت الإدارة FDA بتفريخ سلالات لواحدة من هذه البكتيرات المحلية المدعوة **البينيسيلاس**(٦) ورشها على بذور الطماطم؛ وذلك للحصول على المفعول المضاد نفسه للسالمونيلا على هذه المحاصيل. ويتوقع <براون> أن العملية ستكون مهيّأة ليستفيد منها مزارعو الطماطم في عامي 2014 أو 2015.

إن إضافة بكتيرة إلى محصول زراعي للوقاية من مرض يصيب الإنسان يمكن أن تكون البداية إلى طريق جديد كامل توصل إلى سلامة الغذاء، وربما تتجاوز الطماطم إلى الشمام (البطيخ الأصفر) والسبانخ والورقيات والمحاصيل الأخرى التي جعلت من السالمونيلا و**الإشريكية القولونية**(٧) عناوين رئيسة للصحف والمجلات. ويشكل مشروع الطماطم جزءا من تحول خطير بعيد المدى في طريقة إنمائنا للمحاصيل الغذائية

(*) SUPER DIRT
(١) Salmonella
(٢) the U.S. Food and Drug Administration
(٣) Seagull
(٤) microbiome West Coast tomatoes
(٥) soil bacteria
(٦) Paenibacillus
(٧) Escherichia coli

باختصار

لا تسبب **الميكروبات** microbes في المحاصيل الزراعية لطعام البشر الأمراضَ فقط، ولكنها أيضا في بعض الحالات تقوم بالعكس تماما، حيث تعمل كملاك حارس في حماية الطعام وتوفر بديلا بيئيا قيما لاستخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية.

نشر **البكتيريا** bacteria على المحاصيل أصبح استراتيجية معتمدة للباحثين في ولاية فيرجينيا الذين نثروا ميكروبات التربة المضادة **للسالمونيلا**(١) على بذور الطماطم. ويأمل الباحثون بأن تمنع هذه المقاربة جائحات التسمم الغذائي التي تقع سنويا جراء تناول الطماطم الطازجة المزروعة على الشاطئ الشرقي للولايات المتحدة.

وإضافة الفطور إلى نباتات **الكساڤا** cassava – وهو مشروع بحث في كولومبيا يساعد جذور النبات على الحصول على الفوسفات من دون الحاجة إلى الأسمدة الغالية الثمن – نعمة يمكن أن تحل على الشعوب الاستوائية حيث كميات الغذاء التي تنتجها الأرض محدودة إلى حد كبير.



المؤلف

Richard Conniff

<**كونيف**> كاتب عن السلوك البشري والحيواني. وكان عنوان كتابه الأخير «الباحثون عن الأنواع: أبطال وحمقى، والاستمرار المجنون للحياة على الأرض»[1].

اعتمادا على فهم جديد لبكتيرات التربة وللطرق العديدة التي تعتمد فيها النباتات والبكتيريا على بعضها البعض.

وهذا التوجه معاكس تماما للثورة الخضراء التي دفعت بقوة القدرة الإنتاجية الزراعية في منتصف القرن العشرين من خلال الإسهامات الهائلة للأسمدة والمبيدات الحشرية والماء فيها. وتهدف الثورة البكتيرية، في المقابل، إلى الاستفادة مما هو متوفر أصلا في التربة: نحو 40 000 سلالة بكتيرية في غرام واحد من التربة. فقد كان هذا المجتمع البكتيري - الذي يمكن تسميته **المجتمع البكتيري**[2] الزراعي - لغزا حتى وقت قريب. ولكن كَشْفَ تسلسل منخفض التكلفة **للدنا** DNA والتقنيات الأخرى خلال العقد الأخير، فتح أبواب عالَم الميكروبات السري. ويستطيع علماء النبات الآن تحديد هوية كل فرد في المجتمع الميكروبي الذي يحيط بنبات ما. وبذلك بدؤوا يفهمون كيف تتصرف البكتيرات العديدة في مختلف فصول السنة والبيئات الترابية المتفاوتة وبدؤوا كذلك يبتكرون طرقا لتسخيرها في مساعدة النباتات على نمو أفضل.

والآن بالفعل، بوجود هذا الكم من المعرفة، بإمكان علماء التربة أن يبدؤوا بحل المشكلة التي وصفتها <A. أوتيسين> [خبيرة البكتيرات في الإدارة FDA والمتعلقة بسالمونيلا الطماطم، بأنها ببيناتها الحالية، جحر أرنب لا نهاية له. ولكن الاستفادة من هذه الثروة المعرفية الجديدة في مساعدة المزارعين على إنتاج محاصيل أفضل يعتبر أمرا عاجلا إذا أخذنا بعين الاعتبار التحديات الكبيرة التي تواجهها الزراعة الآن: العجز المائي الكبير والتغيرات المناخية الشديدة وغير المتوقعة كالقحط المدمر الذي حدث الصيف الماضي في منطقة حزام الذرة الأمريكي؛ والقلق بخصوص استدامة السماد الآزوتي الذي يتم إنتاجه من قبل **الوقود الأحفوري** fossil fuels؛ إضافة إلى الأمل المعقود على إطعام بليونين إضافيين من البشر بحلول منتصف القرن الحالي.

وتقترح الدراسات الحديثة أن البكتيرات يمكنها أن تكون البديل للطرق الزراعية الموجودة والهندسة الجينية في تخفيف



وطأة بعض هذه المشكلات. فينتج **عباد الشمس**[3] مثلا وبعض النباتات الأخرى **سكر التريهالوز**[4] الذي يساعد على ثبات أغشية الخلايا النباتية ويخفف الأذى الذي تسببه دورات متتالية من الجفاف والسقاية. وهكذا، فإن نباتات أخرى مثل الذرة والطماطم عُدلت جينيا لتنتج التريهالوز. ويأمل <G. إيتورياگا> [المختص بالأحياء الجزيئية من مكسيكو] بأن تُعالج المحاصيل من دون أي تعديل جيني، وذلك باستخدام البكتيرة **ريزوبيوم إيتلي**[1] المنتجة للتريهالوز والتي توجد

(1) The Species Seekers: Heroes, Fools, and the Mad Pursuit of Life on Earth (W.W.Norton, 2010)
(2) microbial community
(3) sunflowers
(4) the sugar trehalose

محيطة بجذور الفاصولياء. ففي تجربة سابقة على نسخة معدلة جينيا من البكتيرات تَحسَّن الإنتاج بنسبة 50% في الأحوال الطبيعية – وتم إنقاذ نصف المحصول في فترة القحط.

والأساليب البكتيرية تمنح المزارعين المزيد من المرونة. فواحدة من المشكلات التي يواجهونها هي المردود السيئ في سنوات المطر، للنباتات التي عُدلت جينيا لتحمل القحط. وهكذا، فعلى المزارعين محاولة التنبؤ بالطقس عندما يختارون البذور في بداية موسم البذار. ولكن مزيجا من البكتيريا قد يساعد النباتات على التأقلم عندما يحدث تحول مفاجئ في ظروف نموها.

ما زال ‹R. رودريگيز› و‹R. ريدمان› [المختصان بالتقانات البيئية التأقلمية في سياتل] يعملان على فطر نباتي يستطيع تحويل بعض المحاصيل الغذائية إلى مقاومة لملوحة التربة والقحط والحرارة والبرودة الشديدتين. فالفطر ينمو على العشب ويستطيع مقاومة ارتفاع حرارة التربة حتى 70 درجة مئوية حول البرك الحارة في المنتزه الوطني لييلوستون. ويستطيع العشب مقاومة هذه الحرارة المرتفعة فقط بوجود هذا الفطر، وفقط عندما يحوي الفطر ڤيروسا لا بد منه يؤدي دور مشعل ومطفئ لنظام تحمل الحرارة. وقد قام هذان الباحثان بجمع فطور جذور النباتات في حيز من المناخ الشديد التفاوت، من الكثبان الرملية الصحراوية إلى المنحدرات الجبلية المغطاة بالجليد. ويقول ‹رودريگيز› إن طموحنا هو الوصول إلى مزيج يمكن الاعتماد عليه في تحفيز نمو المحاصيل بنسبة 10-15% في ظروف مناخية صار من الصعب التنبؤ بها أكثر فأكثر.

حرب الفوسفات(*)

يحاول باحثون آخرون تطويع **علم الأحياء الزراعي** agribiome للحصول على مغذيات أساسية للنباتات. ولآلاف السنين عرف المزارعون القوة السحرية لفول الصويا والفول السوداني والبقول الأخرى على إخصاب التربة. واكتشف العلماء ولأكثر من قرن أنها ليست النباتات التي تتدبر استخلاص الآزوت من الهواء وإنما **البكتيريا الرايزوبيلية**[٢] التي تعيش في **عُقد** nodules متوضعة على جذور هذه النباتات.

والنباتات تحتاج كذلك إلى الفوسفات التي توجد بكميات قليلة جدا في تربة العديد من البلدان الاستوائية. وغالبا ما يعتمد المزارعون في البلدان المتطورة كليا على السوق العالمية للأسمدة الفوسفاتية. وقد ارتفعت أسعار الفوسفات في عامي 2007 و 2008 بشكل كبير وأسهم ذلك في أحداث الشغب المرتبطة بالغذاء من المكسيك إلى بنغلاديش. وفي بعض البلدان تخلى المزارعون حاليا عن السماد الفوسفاتي بالكامل، مخاطرين بذلك باحتمال حدوث مجاعة.

ومع ذلك، فقد عرف الباحثون منذ عدة عقود علاجا ممكنا لهذه المشكلة. فبكتيرات التربة التي تدعى **فطور ميكورايزال أربوسكولار**[٣] تشكل **أبواغا**[٤] وشبكة ضمن وحول جذور النباتات وتساعدها على الحصول على الفوسفات. وحتى الآن لم يجر تطوير طريقة جديدة لإنتاج هذه الفطور بكميات كبيرة وإيصالها إلى مستخدميها. فالتربة المحتوية على الأبواغ والتي يمكنها تشكيل فطور جديدة يمكن فعلا نقلها من بلد إلى آخر، ولكن الانعكاس البيئي لإدخال فطور غريبة كنوع دخيل على التربة لا يزال غير معروف. كما أن تركيز أبواغ الفطور ضئيل لدرجة أن مُزارِعا لمحصول مثل **الكساڤا**[٥] يحتاج إلى إضافة التربة التي تم إغناؤها بالفطر بمعدل طن واحد لكل هيكتار من الأرض المزروعة.

وبمساعدة التقانات الحديثة يمكن لبعض الشركات أن تنتج الفطور بكميات تجارية بزراعتها وتسويقها كهلام عالي التركيز. وهكذا، يمكن لمزارع أن يحمل في قارورة صغيرة ما يكفي لتغطية هيكتار من الأرض. ويمكن لطواقم البحث جمع السلالات المحلية للفطور واختبار أيها الأفضل ثم إيصالها إلى صناعي لإنتاجها. وفي عام 2012، بدأ كل من ‹R .Y. ساندرز› [من جامعة لوزان في سويسرا] و‹A. رودريگيز› [من الجامعة الوطنية في كولومبيا] دراسات ميدانية مركِّزين على الكساڤا.

وفي الحقل، يقوم المزارع بتمديد الهلام في دلو ماء ثم يغمس كيسا مليئا بأغصان الكساڤا فيه لعدة ثوان قبل غرسها في التربة. وفي الموسم الأول لاختبار التقانة تم الاستغناء عن 50% من الفوسفات المستخدمة وتحسين المحصول بنسبة 20% حاليا. ويقوم كل من ‹ساندرز› و‹رودريگيز› بمزاوجة سلالات فطرية متعددة بين الثلاثة أو الأربعة أنواع الأكثر شيوعا من نبات الكساڤا. كما أنهما يختبران السلالات في إفريقيا، وهكذا سيمكنان هذه التقانة من مساعدة المزارعين الذين يعيشون على الكفاف.

إن مسلكا واعدا آخر من المسالك إلى التعايش الحيوي الزراعي يتضمن دراسة الإشارات الكيميائية التي تستخدمها البكتيرات للتواصل فيما بينها. ويراقب الباحثون هذه الإشارات اليومية لتحديد أي البكتيرات تصلح لمهمة تزويد النباتات بمغذياتها أو العثور على نقاط ضعف **الممرضات** pathogens. وقد سمحت هذه الاستراتيجية بظهور سلاح

(*) Phosphate Wars
(١) Rhizobium etli
(٢) rhizobial bacteria
(٣) arbuscular mycorrhizal fungi
(٤) spores
(٥) نبات جذري يعدّ غذاء رئيسيا في كثير من البلدان النامية، انظر: «استيلاد نبات الكساڤا لإطعام الفقراء»، **مجلة العلوم**، العددان 2/1 (2011)، ص 4

ممكن ضد بكتيرة **كزيليلا فاستيديوزا** Xylella fastidiosa التي تسبب **مرض پيرس**[1] (مرض يصيب كروم العنب) الذي يؤدي إلى هلاك مساحات واسعة من كروم كاليفورنيا. وتبقى هذه البكتيرة هامدة حتى تتغذى الحشرة التي تعيلها (**الصياد الدقيق الزجاجي الأجنحة** the glassy winged sharpshooter) بكرمة العنب. إنها تصحو داخل النبات ثم تعود بعدها إلى الهجوع ثانية عندما يحين وقت تسليمها إلى حشرة أخرى.

يقول <S. ليندو> [من جامعة كاليفورنيا - بيركلي] إن نمط حياة هذه البكتيرة الذي تتبناه حتى تنتقل بواسطة حشرة لا يتماشى مع قدرتها على الحركة في النبات. وقد أخذ <ليندو> جينات تستخدمها البكتيرة للتحكم في الهجوع وأعاد توزيعها ضمن جينوم كروم العنب. فعندما يصل المُمْرض تجبر الجينات المنقولة النباتَ ليتصرف وكأنه على وشك أن تسيطر عليه حشرة فيبطل بذلك أذاها.



مراقبة الكساڤا: طالب في جامعة كولومبيا يراقب نباتا عولج بهلام محمل بالفطور يحرض امتصاص الفوسفات الذي يعتبر مغذيا أساسا.

وعود غير منجزة(*)

في الماضي فشلت الوسائل البكتيرية الجديدة المستخدمة في الزراعة في الوصول إلى النتائج المتوخاة في هذا المجال، ويرد ذلك جزئيا إلى نقص التمويل اللازم لترجمة نتائج البحوث الأساسية إلى تطبيقات عملية. ويفتقر المختصون بالحيويات الجزيئية إلى الرغبة في نقل خبراتهم العملية إلى المزارعين. إنها قصة عالَمين، كما يقول <K. جيلّر> [من جامعة Wageningen في هولندا] الذي يعمل في إفريقيا على تحسين استخدام البكتيرات الريزوبيلية من قِبل البقول المثبِّتة للآزوت. فهو يشير إلى أن العمل الجزيئي الذي أُجري في مجال تثبيت الآزوت كان قصة تأخذ بالألباب بكل معنى الكلمة. بينما يستمر المزارعون بمعالجة نباتاتهم بسلالات بكتيرية عُزلت قبل ثلاثين سنة. «ويعود ذلك إلى أن العلماء الذين يقومون بهذه البحوث مصممون على المضي في كشف التفاصيل التالية الأدق.» ويضيف <جيلّر>: «الكثير من الاكتشافات المهمة لم يُهتم بها بما يكفي ولا بوصولها إلى مجال التطبيق.»

إن العديد من منتجات هذا المجال غير فعّالة، وذلك لأنها لم تُختبر بشكل مناسب أو لأنها صُنعت من دون اهتمام وربما تعرضت للغش. وقد اختبرت الهيئة العالمية للزراعة المدارية في نيجيريا 106 منتجات زراعية مختلفة، معظمها بكتيري؛ وفشلت جميعها سوى خمسة لأنها لم تكن تحتوي على المكونات الفعالة المذكورة على غلاف المنتج، أو لأن الكمية لم تكن كافية، أو لأنها لم تكن ذات فعالية في بيوت الزراعة أو الحقول.

إن العديد من المنتجات المغشوشة مصدرها أوروبا أو الولايات المتحدة أو اليابان. وبدلا من أن تعاقِب المصنعين، تقوم الهيئة العالمية للزراعة المدارية بتدريب مراقبين في البلدان المستهلكة على القيام بتجاربهم الخاصة لفحص جودة المنتجات التي تُعرض على بلدانهم. وتعدّ الهيئة أيضا ختم موافقة وذلك لتُعلِم المشترين متى يكون المنتج مطابقا لمواصفات معقولة. ويهدف البرنامج إلى مساعدة المزارعين على معرفة ليس فقط أي المنتجات يعمل، ولكن أيضا أين وتحت أي ظروف.

تقول <A. ريد> [مديرة الأكاديمية الأمريكية للأحياء الميكروية]: «إن جعل المزارعين يفهمون القوانين الجديدة للأحياء الزراعية سوف يكون أمرا «بالغ التعقيد»، ولكنه سيكون كذلك سلسا إلى حد كبير.» إنه يعني إقناع المزارعين بأن عملهم ليس مجرد عمل تجاري يقتصر على الدخل والنفقات - بعض الماء هنا وبعض المبيدات الحشرية هناك - بل يعني استيعاب ما كانت عليه الزراعة دائما تعاونا بين معظم مكونات المحيط البكتيري. وإذا استوعب كل من المزارعين والعلماء هذا الأمر على حقيقته، فإننا سنخطو خطوة أخرى باتجاه إطعام عالم جائع. ■

(*) Unmet Promises
(1) Pierce's disease

مراجع للاستزادة

Trehalose Accumulation in Azospirillum brasilense Improves Drought Tolerance and Biomass in Maize Plants. Julieta Rodríguez-Salazar et al. in FEMS Microbiology Letters, Vol. 296, No. 1, pages 52–59; July 2009.

Microbes Helping to Improve Crop Productivity. Ann Reid in Microbe Magazine, Vol. 6, No. 10; October 2011. http://bit.ly/1aLQBDX

Scientific American, September 2013


المجلد 29 العددان 12/11
نوفمبر/ ديسمبر 2013
Majallat AlOloom

هل الأغذية المعدلة جينيا مُضِرّة؟(*)

يعتبر أنصار المحاصيل الزراعية المعدلة جينيا، أن التقانة هي السبيل الوحيد لإطعام عالم تتزايد درجة حرارته ويتعاظم عدد سكانه باستمرار. أما النقاد فيرون أننا نعبث بالطبيعة ونعرض أنفسنا للأخطار. فمن المحق؟

‹D. H. فريدمان›

يقول ‹R. گولدبرگ›، وهو يجلس على كرسي مكتبه مسترخيا ويومئ بيديه: «الوحوش الفرانكنشتاينية والكائنات الزاحفة إلينا من المختبرات هي من أكثر الأمور التي بحثت فيها حتى الآن مدعاة للكآبة.»

إن ‹گولدبرگ› [اختصاصي البيولوجيا الجزيئية النباتية بجامعة كاليفورنيا – لوس أنجلوس] لا يكافح الذهان، بل يعبر عن يأسه لغياب الوعي بالحاجة الملحة إلى مواجهة ما يعتبره مخاوف وهمية أكثر منها مخاطر صحية تسببها المحاصيل الزراعية المعدلة جينيا، حيث يصرح بأن أكثر ما يخيب الآمال هو أن هذا الجدال كان يجب أن ينتهي قبل عقود مضت، حين قدم الباحثون فيضا من البينات، ثم يضيف قائلا: «نحن، اليوم، نواجه الاعتراضات ذاتها التي واجهناها قبل 40 عاما.»

وفي كنف الحرم الجامعي نفسه، فإن لدى ‹D. ويليامز› [البيولوجي الخلوي الذي يتابع تخصصه في الإبصار (vision)] شكوى مخالفة يعبر عنها بقوله: «هناك الكثير من العلوم الساذجة التي شاركت في دفع هذه التقانة إلى الأمام. فقبل ثلاثين عاما لم نكن نعرف أن القذف بجين ما إلى داخل **جينوم** genome مختلف يحرض هذا الجينوم على التفاعل مع ذاك الجين. ولكن أي شخص، يعمل في هذا الميدان اليوم، يعلم بأن الجينوم ليس بيئة جامدة. فالجينات المضافة يمكن أن تتحول بوسائل مختلفة، وهذا ما قد يحصل أيضا حتى بعد عدة أجيال.» ويؤكد ‹ويليامز› على أن «النتيجة المحتملة يمكن أن تكون بالفعل نباتات سامة نشأت سهوا أثناء عملية الاختبار.»

ويعترف ‹ويليامز› بأنه ينتمي إلى أقلية صغيرة من البيولوجيين الذين يثيرون تساؤلات حادة حول مأمونية المحاصيل الزراعية المعدلة جينيا، ويعود السبب الوحيد في ذلك – كما يقول – إلى أن العاملين في مجال التقانة الجزيئية النباتية يسعون إلى حماية مصالحهم. فالتمويل يأتي بمعظمه من الشركات التي تبيع المنتجات المعدلة جينيا، وهي شركات تفضل، إلى حد بعيد، الباحثين الذين يستقصون طرقا تشجع على استخدام التعديل الجيني في الزراعة. ومن ثم يتابع قائلا إن البيولوجيين الذين يشيرون إلى المخاطر الصحية، أو غيرها من المخاطر المرتبطة بالمحاصيل الزراعية المعدلة جينيا، أو الباحثين الذين يقدمون مجرد تقارير أو يدافعون فقط عن بيانات تشير إلى احتمال وجود مخاطر بهذا الشأن، يجدون أنفسهم عرضة لهجمات شرسة على سمعتهم العلمية، وهذا ما يجعل العلماء المدركين للمشكلات المتعلقة بالأغذية المعدلة جينيا يلزمون الصمت.

وبصرف النظر عما إذا كان ‹ويليامز› مصيبا أو مخطئا،

(*) ARE ENGINEERED FOODS EVIL?
(1) genetically modified

باختصار

تشير معظم البحوث حول المحاصيل المعدلة جينيا (GM)[1] إلى أنها أغذية مأمونة وبإمكانها إطعام الملايين من جياع العالم حاليا.

بيد أن الانتقادات الموجهة إلى المحاصيل المعدلة جينيا لا يمكن رفضها بالكامل بهذه البساطة. إضافة إلى ذلك، فإن العلماء الموالين لهذه المحاصيل غالبا ما يعبرون عن رفضهم للبينات المضادة بأسلوب ينم عن الاستخفاف، وحتى **اللاعلمية** unscientific.

إن التحليل الدقيق لمخاطر وفوائد المحاصيل المعدلة جينيا يوحي إلينا بضرورة إخضاعها لاختبارات موسعة وموثوق بها.



فـــإن ما لا يمكن إنـــكاره هو الأمر الآتي: على الرغم مـــن وجود أدلة دامغة علـــى أن المنتجـــات المعدلة جينيا يمكن تناولها بأمان، لا يزال الجدل حول اســـتعمالها محتدما، بل بات في بعض أنحاء العالم أكثر شراسة من أي وقت مضى. وبوسع المشـــككين أن يجادلـــوا طبعا بأن الاســـتمرار في هذه المشادات هو أمـــر مفيد بحد ذاته، فلا إفراط في الحذر حيال ما نشهده من عبثٍ في الأسس الجينية لما يزود به العالَم من إمدادات غذائية. أما بالنســـبة إلى باحثين من أمثال <گولدبرگ>، فإن اســـتمرار المخاوف بشأن الأغذية المعدلة جينيا هو أمر يثير الســـخط حقا. ويتابع <گولدبرگ> موضحا: «على الرغم مـــن مئات الملايين من التجـــارب الجينية التي تجرى على جميـــع أنواع الكائنـــات الحية في ســـائر أرجاء الأرض، وعلى الرغم من بلايين الوجبـــات التي يتناولها الناس دون أية مشكلة، يتبين لنا مرة أخرى كم نحن جاهلون فعلا.»

وهكـــذا من هو محـــق: مؤيدو المحاصيـــل الزراعية المعدلة جينيا أو نقادهـــا؟ عندمـــا نتمعن جيدا في الأدلة التي يســـوقها كلا الطرفين، ونوازن بين المخاطر والمنافع، فإننا ســـرعان ما نفاجأ بوضـــوح معالِم الطريق للخروج من هذه المعضلة.

فوائد ومخاوف(*)

إن العلوم المعنية بدراســـة مأمونية المحاصيل الزراعية المعدلة جينيا لا تبحر سوى في اتجاه واحد. وهذا ما يفهم أيضا من كلام <D. زيلبرمان> [الخبير في الاقتصاد الزراعي والبيئي من جامعة كاليفورنيا، بيركلي وواحد من الباحثين القلائل الذين يتحلون بالمصداقية لدى شركات الكيماويات الزراعية ولدى نقادهم على حد ســـواء] فهو يزعم أن فوائد المحاصيل المعدلـــة جينيا تفوق مخاطرها الصحية إلى حد كبيـــر (وهو بالطبع زعم نظري حتى الآن). يقول <زلبرمان> بهذا الصدد: «لقد أدى اســـتعمال المحاصيل المعدلة جينيا إلى انخفاض في أسعار المواد الغذائية وإلى تعزيز سلامة المزارعين من خلال إتاحة الفرصة لهم باســـتخدام كميات أقـــل من المبيدات الحشـــرية. كما أدى أيضـــا إلى ارتفاع في ناتج الحبوب والقطن وفول الصويا بنســـبة 20 إلى 30 فـــي المئة، الأمر الذي مكن بعض الناس من البقاء على قيد الحياة. وإذا ما تم اعتماد المحاصيل الزراعية المعدلة جينيا في كافة أنحاء العالم على نطاق أوســـع مما هو عليه الآن، فسوف تنخفض أسعار الأغذية ويتناقص عدد الأشخاص الذين يموتون جوعا.»

ويتابع <زلبرمان> قائلا إن هذه المزايا جميعها ســـوف

(*) BENEFITS AND WORRIES



المؤلف
David H. Freedman
‹فريدمان›، منذ 30 عاما يجمع بين العلم والتقانة والأعمال التجارية. وكتابه الأخير «الخطأ» يبحث في القوى التي تدفع العلماء وغيرهم من الخبراء إلى تضليلنا.

تكتسب أهمية أعظم في المستقبل، حيث تشير تقديرات منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة إلى أن كمية الغذاء التي ينتجها العالم اليوم يجب أن تزداد بنسبة 70% بحلول عام 2050 لنتمكن فقط من مواكبة النمو السكاني. وإضافة إلى ذلك، فإن تغير المناخ سوف يجعل استصلاح الكثير من الأراضي الصالحة للزراعة أكثر صعوبة في سائر أنحاء العالم. كما يمكن للتعديل الجيني أن يوفر لنا عائدات أكبر، ويجعلنا قادرين أيضا على زراعة الأراضي الجافة والمالحة، وزراعة مزروعات تتحمل درجات حرارة عالية ومنخفضة وتقاوم الحشرات والأمراض ومبيدات الأعشاب.

ولكن، على الرغم من هذه التباشير الواعدة، فلا يزال الكثيرون في العالم منشغلين بحظر الأغذية المعدلة جينيا ووضع قيود عليها والابتعاد عنها بأساليب متعددة. فالاتحاد الأوروبي، مثلا، لا يقبل من المحاصيل الأمريكية سوى نوعين فقط، هما ذرة MON810 من إنتاج شركة Monsanto وبطاطا أمفلورا لشركة BASF، ويعود السبب في ذلك إلى أن أنواع الذرة وفول الصويا التي تنتجها الولايات المتحدة تكاد تكون جميعها معدلة جينيا. إلى جانب ذلك، فقد قامت ثمانية بلدان في الاتحاد الأوروبي بحظر المحاصيل المعدلة جينيا كليا. في آسيا كلها، بما في ذلك الهند والصين، لا تزال المحاصيل المعدلة جينيا بمعظمها تتطلب موافقة الحكومة. ولا يستثنى من ذلك حتى الأرز المقاوم للحشرات الذي يتميز بأن محاصيله أوفر، وأن احتياجه إلى المبيدات الحشرية أقل. وفي إفريقيا أيضا، حيث الملايين يتضورون جوعا، رفضت بلدان عدة استيراد الأغذية المعدلة جينيا على الرغم من تكاليفها المتدنية (لأن محاصيلها أوفر واحتياجها إلى الماء والمبيدات الحشرية أقل). قامت كينيا، مثلا، بحظر هذه الأغذية جميعها بذريعة انتشار حالات سوء التغذية على نطاق واسع في البلاد. ولا توجد دولة لديها خطط واضحة لزراعة **الأرز الذهبي**[1] – وهو محصول مهندس جينيا ليحتوي على كمية من الڤيتامين A تفوق كميته الموجودة في السبانخ (الأرز الطبيعي لا يحتوي كما هو معروف على الڤيتامين A)، لا سيما وأن عوز الڤيتامين A المنتشر في البلدان النامية يؤدي إلى وفاة أكثر من مليون شخص سنويا وإصابة نحو نصف مليون شخص آخر بإحدى حالات **العمى اللاعكوسة** irreversible blindness.

ولا تزرع النباتات المعدلة جينيا سوى في عُشْر الأراضي الزراعية في العالم. وتسعون في المئة من المحاصيل المعدلة جينيا التي ينتجها كوكبنا تزرع في أربعة بلدان وحسب: الولايات المتحدة وكندا والبرازيل والأرجنتين. أما بلدان أمريكا اللاتينية الأخرى، فإنها لا تقبل هذه النباتات. وحتى في الولايات المتحدة نفسها، باتت الأصوات المنددة بالأغذية المعدلة جينيا أعلى من ذي قبل، حيث بدأت عشرون ولاية أمريكية على الأقل، وتحت تأثير الإعلام، تفكر جديا في فرض لصاقات التوسيم على هذه الأغذية.

وهذه الفعاليات جميعها يغذيها الخوف منذ أمد طويل. فقد أخذ القلق المرتبط بمأمونية الأغذية المعدلة جينيا يساور الناس عموما منذ أن قام العلماء في جامعة واشنطن بتطوير أول نباتات التبغ المعدلة جينيا عام 1970. وعندما وصلت المحاصيل المعدلة جينيا إلى الأسواق في منتصف تسعينات القرن العشرين لأول مرة، قوبلت برفض بالغ الوضوح من قبل منظمة السلام الأخضر و**نادي سييرا**[2] و‹R. نادر› والأمير ‹تشارلز› وعددٍ من مشاهير رؤساء الطهاة. وقد دَبَّ الرعب في قلب المستهلك الأوروبي، على وجه التحديد، حيث أظهرت دراسة مسحية أجريت عام 1997، على سبيل المثال، أن 69% من النمساويين يعتبرون أن الأغذية المعدلة جينيا تنطوي على مخاطر جسيمة، في حين لم تتجاوز نسبة الأمريكيين الذي كانوا يشاطرونهم هذا الرأي الـ 14%.

ونزعة الشك عند الأوروبيين حيال الأغذية المعدلة جينيا منذ فترة طويلة، تُضاف إلى هموم أخرى، كالاستياء من الصناعة الزراعية الأمريكية، على سبيل المثال. وبصرف النظر عن الأساس الذي يستند إليه هذا الشك وتلك الهموم، فقد كان للموقف الأوروبي، على أية حال، صدى تردد في سائر أنحاء العالم وترك أثرا في سياسات البلدان التي كان يمكن للمحاصيل المعدلة جينيا أن تعود عليها بفوائد جمة. ويقول ‹زيلبرمان› بهذا الصدد: «لا يهتم الأفارقة بما نفعله، نحن المتوحشون في أمريكا. فهم ينظرون الى أوروبا فقط، ويشاهدون كيف ترفض المحاصيل المعدلة

(1) Golden Rice
(2) Sierra club

كيف ننشئ نباتا أفضل(*)

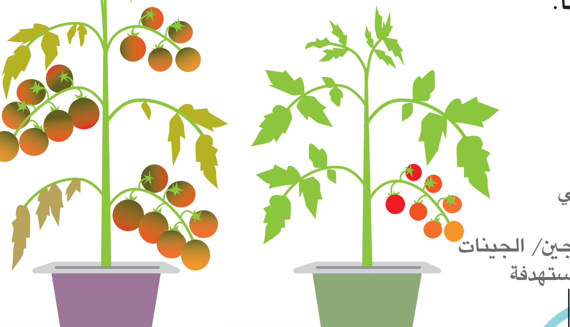
للتعديل الجيني وتربية النبات التقليدية قواسم مشتركة كثيرة، فكلاهما ينتمي إلى الطرق التي تُنتج محاصيل جديدة من خلال إحداث تغيير في الجينومات النباتية. أما التباينات بينهما فتتعلق بالأدوات المستخدمة وعدد الجينات المُستبدلة ومدى ارتياح المستهلك العادي لها.

التعديل الجيني(٢)

في تسعينات القرن العشرين، بدأ العلماء بتطوير طرق لأخذ جينات محددة من نبات معيّن وإدخالها بسرعة في دنا نبات آخر – وهي وسيلة تتسم بالسرعة وهدفها النهائي هو الذي يهدف إليه التهجين الاعتيادي. وقد استخدم الباحثون المبكّرون جرثومة زراعية معطلة الفاعلية لتهريب الجينات إلى داخل الخلايا النباتية. وفي وقت لاحق، قام علماء من جامعة كورنيل، بتطوير طريقة تسمى طريقة بندقية جسيم الدنا the DNA particle gun method، حيث يقوم المهندسون بإطلاق كرات التنگستن المغطاة بالدنا من خرطوشة بارود فارغة على جدران خلايا النبات المستهدف.

تهجين اعتيادي(١)

منذ الأيام الأولى في تاريخ الزراعة، والبشر يختارون النباتات التي تنسجم خصائصها مع رغباتهم، فيقومون بتهجينها للحصول على نماذج جديدة منها، تحقق لهم تلك الرغبات أو حتى ما يفوق ذلك. وفي مثل هذه الحالة، يكون لنبتة البندورة، مثلا، سمتان: سمة المقاومة لمرض اللفحة blight الموروثة من أحد الوالدين، وسمة الإثمارية العالية الموروثة من الآخر.



نبتة لديها استعداد للإصابة بمرض اللفحة(١)، ولكن ثمرتها محببة للنفس كثيراً

نبتة مقاومة لمرض اللفحة(١)، ولكن ثمرتها ليست محببة للنفس إلاّ قليلاً

جينوم كلي

الجين/ الجينات المستهدفة

خلية نباتية

طريقة الجرثومة النباتية

النقل الجرثومي للدنا إلى داخل الخلية النباتية

خلية جرثومية

يتم دمج الجينات النباتية المستهدفة بحلقة مكونة من الدنا الجرثومي

تلقيح متصالب

طريقة بندقية جسيمات الدنا

يتم حقن الخلية النباتية بجسيمات معدنية مغلّفة بفتات من الدنا

بندقية الجسيمات

خلية نباتية

تنقسم الخلايا المتضمنة دنا معدّلا ثم تتكاثر مولّدة جيلاً جديداً من النباتات الصغيرة

تلقيح متصالب

إعادة

نبتة مقاومة لمرض اللفحة وثمرتها محببة للنفس كثيراً

(*) How to Build a Better Plant
(١) blight: مرض اللفحة
(٢) Modification Genetic

جينيا هناك، فيمتنعون بمنتهى البساطة عن استعمالها». لقد استنفرت القوى المقاومة للتعديل الجيني في أوروبا لدعم **المبدأ الوقائي** precautionary principle، الذي يقضي بتجميد جميع الجهود المتعلقة بهذه المحاصيل حتى يتم التأكد من أن تقانة التعديل الجيني آمنة تماما، وذلك بذريعة أن تحرير هذه المحاصيل الاجتياحية والسامة من قيودها والسماح لها بالانتشار في العالم، سوف يترتب عليهما عواقب كارثية بشكل أو بآخر.

ولكن - وكما يعلم الباحثون في الطب جيدا - ليس بوسعنا تقديم «دليل قاطع على مأمونية» أي شيء فعليا. والمرء الذي يبذل جهدا محموما للعثور على المخاطر الكبيرة وإظهارها للعيان سوف يكون مصيره الفشل، وهذا ما ينسحب أيضا على المحاصيل المعدلة جينيا.

سجل نظيف(*)

منذ آلاف السنين، قام الجنس البشري باستنبات المحاصيل الزراعية بصورة انتقائية، وأدخل من خلال ذلك تغييرات على جينوم النباتات. ومنذ زمن طويل يعتبر القمح العادي نباتا لا تتم هندسته سوى على يد الإنسان حصريا. فهو نبات لا يمكنه العيش خارج المزارع، نظرا لأن بذوره لا تنتشر. ومنذ نحو 60 عاما لا يزال العلماء يستخدمون **تقنيات مطفرة** mutagenic techniques لمزج **دنا** DNA النباتات بمواد مشعة ومواد كيميائية، وتكوين سلالات، من القمح والأرز والفول السوداني والأجاص، أصبحت تمثل إحدى الركائز الزراعية. ولم تُثِر هذه الممارسة التطبيقية لدى العلماء، ولا عموم الناس، سوى بعض الاعتراض، ولم تسبب كذلك أية مشكلة صحية معروفة.

بيد أن هناك فرقا لا بد من تسليط الضوء عليه. ففي حين أن التنمية الانتقائية والتقنيات المطفرة تعنيان بتوليد رزم كبيرة من الجينات المستبدلة أو المعدلة، فإن تقانة التعديل الجيني، في المقابل، تسمح للعلماء بأخذ جين واحد أو أكثر من أنواع أخرى من النباتات، أو حتى من الجراثيم أو الڤيروسات أو الحيوانات، ثم غرزه في الجينوم. ويرى المؤيدون أن هذه الدقة التي تتمتع بها تقانة التعديل الجيني لا تترك مجالا للمفاجآت إلا على نطاق ضيق جدا. ويقول معظم اختصاصيي التقانة الجزيئية النباتية أيضا إنه إذا ظهرت الحالة المستبعدة للغاية أساسا التي تشكل تهديدا صحيا مباغتا يأتينا من أحد النباتات المعدلة جينيا، فإن العلماء عندئذ سيكونون قادرين على تحديد هذا التهديد والقضاء عليه بسرعة. ويقول <گولدبرگ> بهذا الصدد: «إننا نعرف إلى أين يذهب الجين، ولدينا القدرة على قياس نشاط أي من الجينات المجاورة له. كما يمكننا أيضا، وبدقة تامة، تحديد التغيرات التي تحصل، وتلك التي لا تحصل». [للمزيد من المعلومات عن الدراسة التحليلية للنباتات المعدلة جينيا بخصوص السلامة الصحية، انظر: المخاطر على المائدة»، **العلوم**، العددان 9/8(2001) ص 50].

وعلى الرغم من أن إضافة دنا ڤيروسي إلى النبات قد يثير وقعها إحساسا بالقشعريرة، فإن القيام بهذه العملية في الواقع، ليس بالأمر المعقد، كما يقول المؤيدون. فالڤيروسات تدخِل دناها في جينومات المحاصيل، وفي جينومات الإنسان وغيره من **المتعضيات** organisms، منذ ملايين السنين. وغالبا ما تقوم الڤيروسات بتزويد المضيف بجينات تحملها من الأنواع الأخرى، الأمر الذي يفسر لماذا جينوماتنا محملة بمتتاليات جينية لا يعود أصلها إلى الڤيروسات وحسب، بل إلى غيرها من الأنواع اللابشرية أيضا. ويقول <A. ماك هيوگن> [اختصاصي علم الوراثة الجزيئية النباتية في جامعة كاليفورنيا - ريفرسايد]: «عندما يزعم خصوم التعديل الجيني بأن الجينات في الطبيعة لا تنتقل عبر **حائل الأنواع** species barrier، فإن ذلك لا ينم سوى عن جهل صريح. فحشرة من البازلاء تحتوي على جينات فطرية، و«القمحيلم triticale» هو هجين من القمح والشيلم تم العثور عليه في بعض أنواع الدقيق وحبوب طعام الإفطار قبل أكثر من قرن بقليل. وبهذا الخصوص، فإن القمح نفسه هو هجين عابر للأنواع أنجبته أُمُّنا الطبيعة ورعته على مر الأزمان. وما يقوم به مولّدو النبات الاعتياديون لا يختلف عن ذلك.»

هل يمكن أن يؤدي تناول النباتات المعدلة جينيا إلى حالة تسمح للدنا الجديد بأن يشق طريقه وصولا إلى دنانا؟ هذا ممكن نظريا، ولكن احتمال حدوثه ضئيل للغاية، فالعلماء لم يسبق لهم أبدا أن عثروا على مادة جينية قادرة على البقاء سالمة من رحلتها عبر الجهاز الهضمي للإنسان، لتكون قادرة على نقل هذا الدنا الجديد إلى داخل الخلايا. وإلى جانب ذلك، فنحن نتعرض على نحو روتيني للڤيروسات والجراثيم التي تستخدم جيناتها في الأغذية المعدلة جينيا - بل حتى أننا نستهلكها بصورة مستمرة. فالجرثومة B. thuringiensis، على سبيل المثال، التي تنتج بروتينات قاتلة للحشرات، يتم إدراجها أحيانا في قائمة المبيدات الحشرية الطبيعية المستخدمة في

(*) A CLEAN RECORD

الزراعة العضوية. ويعقب ‹گولدبرگ› على ذلك قائلا: «إننا نأكل هذه المواد منذ آلاف السنين.»

ويقول المؤيدون أيضا إن البشرية قد استهلكت – على أية حال – تريليونات من وجبات الطعام التي تتضمن مكونات معدلة جينيا على مدى العقود القليلة الماضية، ولم تسجل أية حالة مرضية تم التحقق من أنها نجمت عن التغييرات الجينية. فقد أشار ‹M. ليناس› [الناشط والمعارض البارز للتعديل الجيني سابقا والذي أعلن أمام الرأي العام سنة 1912 عن تحوله إلى داعم قوي لهذه التقانة] إلى أن جميع الأخبار التي تم تسجيلها رسميا وكانت تروج لفكرة الكارثة الغذائية، كانت أخبارا تتعلق بمحاصيل غير معدلة جينيا. وخير مثال على ذلك، براعم الفاصوليا العضوية المصابة بجرثومة **الإشريكية القولونية** Escherichia coli، التي كانت سببا في وفاة 53 شخصا في أوروبا عام 2011.

وكثيرا ما يحط النقاد من قدر البحوث التي تجرى في الولايات المتحدة حول مأمونية الأغذية المعدلة جينيا، والتي غالبا ما تموّل، أو حتى تجرى، من قبل الشركات المنتجة لهذه الأغذية، كشركة monsanto، على سبيل المثال. غير أن هناك بحوثا كثيرة عن هذا الموضوع تصدر عن المفوضية الأوروبية، أي عن الهيئة الإدارية للاتحاد الأوروبي، ولا يمكن رفض هذه الدراسات بمجرد الادعاء بأنها صادرة عن إحدى أدوات اللوبي الصناعي. وقد قامت المفوضية الأوروبية بتمويل 130 مشروعا بحثيا حول مأمونية المحاصيل المعدلة جينيا، وكلفت أكثر من 500 فريق مستقل بإنجازها، حيث خلص الجميع إلى أن المحاصيل المعدلة جينيا غير محفوفة بأي خطر.

وقد خلص إلى هذا الاستنتاج عدد كبير من الفرق البحثية الموثوقة الأخرى. فالسيد ‹G. جافي› [مدير قسم التقانة الحيوية بمركز العلوم للمصلحة العامة؛ وهو مركز يقع في العاصمة واشنطن؛ يضم مجموعة من حماة المستهلك تعمل على أساس علمي] يشير مُكرَها، إلى أن الموقف الرسمي للمركز من الأغذية النباتية المعدلة جينيا ليس بالموقف المؤيد، ولا المعارض. ومع ذلك، فهو يؤكد بوضوح على أن السجل العلمي لا ريب فيه، ويقول: «المحاصيل المعدلة جينيا الحالية يمكن تناولها بأمان، ولا خطر على البيئة من زراعتها». إلى جانب ذلك، فإن كلا من الرابطة الأمريكية لتطوير العلوم، والجمعية الطبية الأمريكية، والأكاديمية الوطنية للعلوم قد أبدت دعمها للمحاصيل المعدلة جينيا من دون تحفظ. كما أن إدارة الغذاء والدواء الأمريكية ونظيراتها في بعض البلدان الأخرى، قامت معا بمراجعة مجموعات ضخمة من البحوث مرات عدة، واستنتجت أن المحاصيل المعدلة جينيا لا تشكل تهديدا فريدا على الصحة. وهناك العشرات من الدراسات التي أجراها باحثون أكاديميون وذهبوا فيها إلى تأييد هذا الرأي.

أما معارضو الأغذية المعدلة جينيا، فيلفتون النظر إلى عدد قليل من الدراسات التي تشير إلى مشكلات ممكنة تتعلق بالمأمونية. غير أن مراجعي هذه الدراسات قاموا بتفنيدها كلها تقريبا. وخير مثال على ذلك هو الدراسة التي أجراها ‹A. بوستاي› [اختصاصي الكيمياء الحيوية النباتية عام 1998، الذي كان يعمل آنذاك بمعهد روويت في اسكتلندا] حيث وجد أن الفئران التي تمت تغذيتها ببطاطا معدلة جينيا صارت تعاني اضطرابا في النمو وتغيرات في الجهاز المناعي. وقد تبين فيما بعد أن هذه البطاطا لم تكن معدة أساسا للاستهلاك الآدمي، بل كانت مصممة، في حقيقة الأمر، كمادة سمية لأغراض بحثية، الأمر الذي دفع معهد روويت، في وقت لاحق، إلى أن يصف هذه التجربة بالقذرة ويرفض نتائجها ويتهم ‹بوستاي› بسوء التصرف.

وهناك قصص مشابهة كثيرة. ففي الآونة الأخيرة اكتشف فريق برئاسة الباحث ‹E.Q. سيراليني› [من جامعة كين لوفير نورماندي في فرنسا] أن الجرذان التي تتغذى بنوع شائع من الذرة المعدلة جينيا تصاب بالسرطان بمعدل مرتفع إلى حد مرعب. بيد أن ‹سيراليني›، المعروف بحملاته المضادة للتعديل الجيني منذ زمن طويل، اتهم من قبل نقاده بأنه اعتمد في دراسته على سلالة من الجرذان المؤهبة للإصابة بالأورام بدرجة عالية، وأنه لم يستخدم عددا كافيا منها، وأن دراسته لم تتضمن مجموعات المراقبة المطلوبة، كما أنه لم ينجح في إبلاغنا بالعديد من تفاصيل التجربة، بما في ذلك الكيفية التي أجرى بها تحليله. وقد رفضت السلطة الأوروبية لمأمونية الأغذية نتائج دراسته بعد المراجعة. كما أن العديد من الوكالات الأوروبية الأخرى قد خلصت إلى النتيجة ذاتها. ويعلق ‹M. هيوگن› على ذلك قائلا: «لو كانت الذرة المعدلة جينيا ذرة سامة، لكان أحد منا قد لاحظ ذلك قبل الآن. لقد تم دحض مزاعم ‹سيراليني› من قبل جميع المعنيين بالتعليق عليها.»

ويرى بعض العلماء أن الاعتراضات على الأغذية المعدلة جينيا لا تأتي من جانب العلم بقدر ما تأتينا من عالم السياسة، وأن السبب الوحيد الذي يدفع هؤلاء السياسيين إلى رفض منتجات الشركات المتعددة الجنسيات الكبرى – ذات التأثير الهائل في الإمداد الغذائي والتي تتحمل بالتالي مسؤولية المخاطر التي تحف بالتعديل الجيني – هو أن هذا

الرفض يشكل وسيلة سهلة لتأجيج الجماهير ضد الزراعة الصناعية. وبهذا الصدد يقول ‹گولدبرگ›: «لا علاقة لذلك بالعلم إطلاقا. إنه ضرب من الأيديولوجيا». أما الناشط المناهض للتعديل الجيني سابقا، ‹ليناس›، فلا يوافق على ذلك وحسب، بل ذهب مؤخرا إلى أبعد من ذلك حين وصف الحشد المعارض للتعديل الجيني بأنه «حركة مضادة للعلم بكل ما تحمله الكلمة من معنى.»

استمرار الشكوك(*)

بيد أن رفض جميع الاعتراضات على الأغذية المعدلة جينيا ليس بالأمر اليسير، فآثارها البعيدة في الصحة قد تكون طفيفة جدا، وارتباطها بتغيرات بيئية معينة يكاد من المستحيل إقامة الدليل عليه. فعلى الرغم من أن العلماء، مثلا، يعتقدون منذ وقت طويل بأن داء ألزهايمر وأنواعا كثيرة من السرطانات تُردّ جزئيا إلى عوامل بيئية، فإن قلة منهم فقط قد تدعي بأننا قمنا بتحديد هوية هذه العوامل جميعها.

ويرى المعارضون أننا نجانب الصواب حين نقول إن المشكلات التي قد تنجم عن عملية التعديل الجيني هي أمر مستبعد لمجرد أن الجينات التي يطالها التعديل هي أقل عددا وهويتها أكثر وضوحا مما يعتقد. إن ‹D. شوبرت› [الباحث المتخصص في داء ألزهايمر، ورئيس مختبر البيولوجيا العصبية الخلوية بمعهد سالك للدراسات البيولوجية في لاجولا - كاليفورنيا] يؤكد، مثلا، أن جينا واحدا بخصائص محددة جيدا يمكنه أن يستوطن جينوم النبات المستهدف بطرق مختلفة كثيرة. ويوضح قائلا: «يستطيع هذا الجين أن يتحرك إلى الأمام أو إلى الخلف، وفي مواقع مختلفة، وبنسخ متعددة، حيث تكون النتيجة المترتبة على هذه الخصائص المتباينة أشياء متعددة يختلف أحدها عن الآخر». وكما يشير ‹ويليامز› [من جامعة كاليفورنيا - لوس أنجيلوس] فإن جينوما ما غالبا ما يستمر بالتغير في الأجيال المتعاقبة بعد إخضاعه لعملية **الغرز** insertion التي تركته يعمل وفق نظام يختلف عن النظام الذي كان معدا له أصلا، وتم اختباره في البداية. ويضيف ‹وليامز› أن هناك أيضا ظاهرة تدعى **التطفير الإقحامي** insertional mutagenesis، والذي يعني بأن غرز جين ما يفضي في نهاية المطاف إلى تثبيط الجينات المجاورة.

صحيح أن عدد الجينات التي يطالها التغيير في نبتة معدلة جينيا هو على الأرجح أقل بكثير جدا، مما هو عليه في نظيراتها المستنبتة بالطرق التقليدية، بيد أن المعارضين يزعمون أن المبادلة الإجمالية للجينات - أو بالأحرى تعديل حزم كاملة منها - هي عملية طبيعية تحدث في النباتات منذ نصف بليون سنة. ولأنها كذلك، فهي تجنح لأن تحمل لنا بعض المفاجآت المروعة في الوقت الحاضر. ومن جانب آخر، فإن تغيير جين واحد قد تكون له نتائج أكثر تدميرا، مصحوبة بآثار تموج غير متوقعة، بما في ذلك إنتاج بروتينات جديدة قد تكون سامة أو مسببة للحساسية.

ويشير المعارضون أيضا إلى أن أنماط التبدل الناجمة عن غرز جينات مأخوذة من نوع آخر قد تكون أكثر فاعلية، أو أكثر تعقيدا، أو أكثر مراوغة، من تلك التي تنشأ عن الجينات المستبدلة بطرق الاستنبات الاعتيادية ضمن النوع الواحد. ولكن مجرد غياب الدليل حتى الآن على أن المادة الجينية لمحصول معدل جينيا يمكنها أن تنقل الجين إلى داخل جينومات الأشخاص المستهلكين لهذا المحصول، لا يعني بتاتا أن مثل هذه العملية لن تحدث أبدا، أو أنها لم تحدث بالفعل ويجب إيقافها الآن. قد يكون من الصعب إماطة اللثام عن هذه التغيرات، فأثرها في إنتاج البروتينات قد لا نستطيع اكتشافه حتى عن طريق الفحص المختبري. ويقول ‹وليامز› بهذا الصدد: «يمكنك بالتأكيد أن تكتشف هذه التغيرات إذا كانت تتمثل نتيجتها في أن النبتة لا تنمو بصورة جيدة جدا، ولكن هل بوسعك أن تكتشفها إذا كانت نتائجها تتجلى في إنتاج بروتينات لها آثار بعيدة في صحة الأشخاص الذين يتناولونها؟»

ومما لا شك فيه أيضا هو أن العديد من العلماء، الذين يبحثون في التعديل الجيني ويؤيدونه، يتسمون بالفجاجة البالغة، وحتى اللاعلمية، في تعاطيهم مع النقاد. فأنصار التعديل الجيني يقومون أحيانا بحشر أي عالم يثير تساؤلات حول المأمونية في خانة النشطاء والباحثين سيئي السمعة. فـ‹سيراليني› [ذلك الباحث الذي قام بالدراسة التي وجدت معدلات سرطان عالية عند الجرذان التي تتغذى بأطعمة معدلة جينيا] له مناصروه أيضا، وإن كان معظمهم من غير العلماء، أو الباحثين المتقاعدين المنتمين إلى مؤسسات مغمورة، أو العلماء غير المتخصصين في البيولوجيا. وحتى ‹شوبرت› [الذي يعمل بمعهد سالك] يُصرُّ، هو الآخر، على أن دراسة ‹سيراليني› تم رفضها جورا وظلما. وبوصفه واحدا من الذين يديرون دراسات السلامة الدوائية، وعلى دراية جيدة بشروط الجودة الخاصة بدراسات السموميات عند الحيوان، فهو يرى أن ‹سيراليني›، قد استحق العلامة المطلوبة. ويصر ‹شوبرت›

(*) PERSISTENT DOUBTS

أيضا على أن توليد الجرذان، الذي استُخْدِم في الدراسة المذكورة، هو أمر شائع في الدراسات الدوائية المحترمة، وبأعداد لا تزيد على عددها في دراسة ‹سيراليني› التي تم إجراؤها بمنهجية معيارية، وذلك بصرف النظر عن تفاصيل تحليل البيانات التي لا تستحق الاهتمام، لأن النتائج كانت مدهشة إلى حد بعيد.

يضم ‹شوبرت› صوته إلى صوت ‹وليامز›، باعتبار هذا الأخير أحد البيولوجيين القلائل الذين يعملون في معاهد محترمة وعقدوا العزم على مجابهة الغالبية القائلة بـ «مأمونية الأغذية المعدلة جينيا». فكلاهما يدين الوضع الراهن، ويرى أن أكثر العلماء يمكن أن يجهروا بمعارضتهم للتعديل الجيني إذا تأكدوا أن ذلك لا يؤدي حتما إلى سحلهم في المجلات الدورية ووسائل الإعلام. وكما يزعمان، فإن ما يحرض هذه الهجمات هو الخوف من أن عرض الشكوك على الملأ قد يؤدي إلى تراجع في تمويل هذا الحقل العلمي. ويضيف ‹وليامز› قائلا: «سواء كانوا يدركون ذلك، أو لا يدركونه، فإن مصلحتهم تقتضي المضي في تطوير هذا الحقل، وتدفعهم إلى الابتعاد عن الموضوعية.»

ويضيف هذان العالمان أنهما أصبحا ضحية لحملات هجوم منظمة على سمعتهما بعد أن نشرت مجلات دورية محترمة تعليقات لهما تتضمن تشكيكا في مأمونية الأغذية المعدلة جينيا. وقد تذمر ‹شوبرت› أيضا من أن الباحثين الذين يتوصلون إلى نتائج يمكن أن تثير تساؤلات حول مأمونية هذه الأغذية، يتجنبون نشر نتائج بحوثهم خوفا من تداعياتها. ويعلق على ذلك قائلا: «إذا انحرفت النتيجة عن الطريق المرسوم، فسوف يحطمونك مباشرة.»

هناك بينات تدعم صحة هذا الاتهام، ففي عام 2009 نشرت مجلة Nature تفاصيل ردود الفعل العنيفة التي أثارتها دراسة متماسكة تتحلى بالعقلانية كانت قد نشرت في مَحاضِر جلسات الأكاديمية الوطنية الأمريكية للعلوم من قبل باحثِين من جامعة لويولا – شيكاغو وجامعة نوتردام. وقد بينت الورقة أن الذرة المعدلة جينيا تنتقل – كما يبدو – من المزارع إلى بعض المجاري المجاورة، حيث يمكن أن تشكل خطرا على بعض الحشرات. فحسب الدراسات الصادرة عن مختبر هؤلاء الباحثين، كانت **ذبابات القمص** caddis flies تبدو عليها بوادر معاناة حمية غذائية مكونة من طلع الذرة المعدلة جينيا. وما أن نُشِرت هذه الدراسة حتى قام عدد كبير من العلماء بشن هجوم عليها، حيث أشار بعضهم إلى أن الباحثين كانوا مهملين إلى حد يُجيز اتهامهم بسوء التصرف.

الطريق إلى الأمام(*)

هناك أرضية مشتركة لهذا الجدال، فالعديد من الأصوات المعتدلة تدعو إلى المضي في تسويق الأغذية المعدلة جينيا مع المواظبة على إجراء اختبارات المأمونية، أو حتى إجراء اختبارات مضاعفة على المحاصيل الجديدة. بيد أن هذه الأصوات، التي تدعو أيضا إلى مراقبة دقيقة مستمرة للآثار الصحية والبيئية لما هو متداول حاليا من المحاصيل المعدلة جينيا، لا تميز بين محصول وآخر من حيث حاجته إلى تدقيق خاص، و‹جافي› على سبيل المثال، يشير إلى أن كافة المحاصيل يمكن إخضاعها لمزيد من الفحوص، ويقول: «يجب علينا جميعا أن نحسن أداءنا في مجال الرقابة الغذائية.»

حتى ‹شوبرت› يوافق على ذلك، ويعتقد، على الرغم من مخاوفه، بأن المحاصيل المعدلة جينيا يمكن تقديمها في المستقبل بصورة آمنة إذا تم تحسين وسائل الاختبار، ثم يضيف: «تسعون في المئة من العلماء الذين أتحدث إليهم يفترضون أن النباتات المعدلة جينيا الجديدة يتم اختبار مأمونيتها بالطريقة نفسها التي تستخدمها إدارة الغذاء والدواء في اختبار الأدوية الجديدة. وهذا الأمر لا يتم بتاتا، ويجب القيام به بكل تأكيد.»

سوف تشكل الاختبارات المشددة عبئا على الباحثين في مجال التعديل الجيني. كما يمكن أن تسبب تباطؤا في عملية تزويد الأسواق بمحاصيل جديدة. ويقول ‹ماك هيوگن› بهذا الصدد: «لو تم تطبيق معايير الاختبار الحالية الخاصة بالتعديل الجيني حتى على المحاصيل المستنبتة بالوسائل التقليدية، لما وصل معظمها إلى الأسواق. فإلام سيؤول إليه الأمر إذا ما أصبحنا أكثر حزما؟»

إنه لسؤال مشروع. ولكن مع تزايد أعداد الحكومات والمستهلكين المتكاتفين معا ضد المحاصيل المعدلة جينيا، فقد يكون إجراء الاختبارات الإضافية حلا توافقيا يتيح للجنس البشري الاستفادة من المزايا البالغة الأهمية لتلك المحاصيل. ■

(*) A WAY FORWARD

مراجع للاستزادة

Food, Inc.: Mendel to Monsanto—The Promises and Perils of the Biotech Harvest. Peter Pringle. Simon & Schuster, 2003.

Tough Lessons from Golden Rice. Martin Enserink in Science, Vol. 320, pages 468–471; April 25, 2008.

Case Studies: A Hard Look at GM Crops. Natasha Gilbert in Nature, Vol. 497, pages 24–26; May 2, 2013. www.nature.com/news/case-studies-a-hard-look-at-gm-crops-1.12907

Scientific American, **September 2013**

حدُّ الإنترنت(*)

هذا ما صرح به رئيس بحوث مختبرات <بل>: «للحيلولة دون انهيار شبكة الإنترنت تحت وطأة التزايد المطرد للبيانات، لا بد من تغيير جذري للطريقة التي تتعامل بها الشبكة مع المعلومات.»

مقابلة أجراها <L. گرينماير>

بحلول نهاية العام الحالي، سوف يفوق عددُ الهواتف الذكية والحواسيب اللوحية وغيرها من المبتكرات المتصلة بالإنترنت عددَ البشر. ولعل ما هو أهم من ذلك أن الأجهزة النقالة المتزايدة السرعة والقوة التي تغزو الأسواق تولد وتستهلك محتوى معلوماتيا بمستويات غير مسبوقة. فقد نمت **بيانات** data الأجهزة النقالة في العالم بنسبة 70% عام 2012، وفقا لما ورد في تقرير أخير لشركة سيسكو Cisco التي تصنع معظم التجهيزات التي تُشغِّل الإنترنت، إلا أن سعة البنية التحتية العالمية للشبكات محدودة، وهذا ما يجعل الكثيرين يتساءلون متى سنصل إلى الحد الأقصى لتلك السعة، وماذا سوف نفعل حين حصول ذلك.

طبعا، ثمة طرق عديدة لزيادة سعة الشبكة، ومن أمثلة ذلك إضافة **كبال**[1] cables جديدة، وحشو تلك الكبال بمزيد من الألياف الضوئية التي تحمل المعلومات، وتصريف حمل الحركة إلى شبكات أقمار صنعية أصغر، إلا أن هذه الإجراءات لا تؤدي إلا إلى تأخير المحتوم فقط، لذا فإن الحل هو جعل البنية التحتية الشاملة للإنترنت أكثر ذكاء، وتحقيق ذلك يتطلب توفر مكونين رئيسيين: حواسيب وتجهيزات أخرى تستطيع إجراء معالجة أولية لبياناتها، أو ربما ترشحها أو تجمعها قبل تحميلها على الشبكة، وكذلك شبكة تستطيع فهم ما يجب أن تفعله بتلك البيانات فهما أفضل، عوضا عن اعتبارها مجرد تيار لامتناه وغير متمايز من نبضات الآحاد والأصفار وتراكيبها.

ولمعرفة كيفية تحقيق هذه التطويرات الجوهرية، حاورت مجلة ساينتفيك أمريكان <M. هوفمان> [رئيس بحوث مختبرات «بِل» في هولمدل بنيوجرسي وهي ذراع البحث والتطوير لشركة ألكاتل-لوسنت Alcatel-Lucent]. فإلى تلك المختبرات، بتبعياتها المختلفة[2]، يعزى الفضل في تطوير الترانزستور والليزر وأجهزة الترابط بالشحنة وكثير من تقانات القرن العشرين الرائدة الأخرى. و<هوفمان>، الذي التحق بمختبرات «بِل» في عام 1998 بعد حصوله على الدكتوراه من جامعة كارلزروه Karlsruhe بألمانيا، يرى هو وفريقه أن **تشبيك المعلومات**[3] هو مقاربة التطور الواعدة بزيادة سعة الإنترنت من خلال زيادة درجات **حاصل ذكائها**[4] (IQ). وفيما يلي مقتطفات من الحوار:

ساينتفيك أمريكان (SA): كيف نعرف أننا نقترب من الحدود القصوى لما لدينا حاليا من بنية تحتية للاتصالات؟

<هوفمان>: المؤشرات تكاد لا تلحظ، إلا أنها موجودة. وإليك مثالا شخصيا: حينما أستعمل سكايب Skype لإرسال فيلم ڤيديو على الهواء مباشرة لأولادي وهم يلعبون الهوكي إلى والدي بألمانيا، يتجمد الفيلم أحيانا في أكثر اللحظات إثارة. وهذا لا يحصل كثيرا، ولكنه آخذ في التزايد بمعدل أكبر في الآونة الأخيرة، مما يشير إلى أن الشبكات بدأت تقع تحت وطأة تزايد كمية البيانات التي عليها نقلها.

نحن نعرف أن الطبيعة قد وضعت أمامنا حدودا معينة، فلا يمكن أن ننقل إلا كمية معينة من المعلومات على قنوات اتصال معينة. وتسمى هذه الظاهرة **حدّ شانون اللاخطي**[5] [نسبة إلى عالم الرياضيات <C. شانون> الذي عمل سابقا لدى مختبرات هواتف «بِل»]، وهي تخبرنا

(*) The Edge of The Internet
(1) كبل cable جمعها كبال قياسا بحبل جمعها حبال.
(2) كانت مختبرات «بِل» قسما من الشركة الأمريكية للهاتف والبرق AT&T قبل أن تمتلكها شركة ألكاتل-لوسنت.
(3) Information networking
(4) Intelligence Quotient
(5) the nonlinear shannon limit

باختصار

من هو

<M. هوفمان>

المهنة

مهندس وعالم حاسوب

أين

قسم بحوث مختبرات «بل»، هولمديل، نيوجيرسي

مجال التخصص

هل يمكن لشبكات اتصالات أكثر ذكاءً أن تساعد الإنترنت على تخطي مشكلاتها المتناهية؟

المفهوم العام

يجب أن تستوعب الإنترنت وبنيتها التحتية حركة البِيانات المتزايدة الكثافة التي تولِّدها الأجهزة النقالة والمحتوى المعلوماتي للوسائط المتعددة.

إلى أي مدى يمكننا أن ندفع بتقانات اليوم إلى الأمام. ونحن قريبون جدا من ذلك الحد فعلا، ضمن معامل مقداره 2 تقريبا. وبعبارة أخرى، إذا ضاعفنا كمية حركة الشبكة التي لدينا اليوم، وهو ما يمكن أن يحصل في غضون السنوات الأربع أو الخمس التالية، فإننا سوف نتجاوز حد <شانون>. وهذا ينبئنا بأن ثمة عائقا أساسيا أمامنا، لأنه ليس ثمة من طريقة نستطيع بها توسعة هذا الحد، تماما مثلما أنه ليس في مقدورنا زيادة سرعة الضوء. لذا، علينا العمل ضمن هذه الحدود مع إيجاد طرق لمواصلة النمو المطلوب.

(SA): كيف تستطيع تفادي بلوغ الإنترنت ذلك «الحد»؟

<هوفمان>: أكثر السبل جلاء لتحقيق ذلك هو زيادة عرض النطاق الترددي بمدِّ مزيد من الألياف الضوئية. فبدلا من أن يكون لدينا كبل ألياف ضوئية واحد عبر المحيط الهادي، مثلا، يمكن أن يكون ثمة كبلان أو خمسة أو عشرة كبال. وذلك هو أسلوب الحل الاستقصائي، إلا أنه أسلوب باهظ التكلفة. فأنت تحتاج إلى حفر الأرض ومد كبال الألياف، إضافة إلى مضخمات ومرسِلات ومستقبِلات ضوئية..إلخ. ولجعل ذلك مجديا اقتصاديا، فإننا لا نحتاج فقط إلى إدماج عدة قنوات في خيط ليف ضوئي واحد، بل علينا أيضا دمج عدة مُرسِلات ومستقبِلات معا باستعمال تقانات جديدة من قبيل **التكامل الفوتوني**[1]. وتسمى مقاربة مضاعفة القنوات هذه: «تقسيم الحيِّز».

ومن ناحية أخرى، لن تكون زيادة سعة البنية التحتية الحالية كافية لاستيعاب متطلبات الاتصالات المتنامية. لذا، فإن المطلوب هو بنية تحتية لا تنظر إلى البيانات الخام على أنها مجرد **بتات** bits **وبايتات** bytes رقمية، بل على أنها مجموعات من المعلومات ذات أهمية لشخص ما يستعمل حاسوبا أو هاتفا ذكيا: فهل تريد أن تعرف في يوم معين درجة الحرارة وسرعة

(١) photonic integration: أي الدارات المتكاملة الضوئية، وهي دارات متكاملة تستعمل الضوء والأدوات البصرية في داخلها لتحقيق بعض الوظائف المنطقية، بدلا من استعمال الأسلاك والإشارات الكهربائية.

(٢) spatial division multiplexing

الرياح والضغط الجوي، أم تريد فقط معرفة ما عليك أن ترتديه؟ هذا هو ما يسمى تشبيك المعلومات.

«إن المطلوب هو بنية تحتية لا تنظر إلى البيانات الخام على أنها مجرد «بتات» و«بايتات» رقمية، بل على أنها مجموعات من المعلومات ذات أهمية لشخص ما يستعمل حاسوبا أو هاتفا ذكيا.»

(SA): ما الذي يميز تشبيك المعلومات عن الإنترنت الحالية؟

<هوفمان>: يصف كثير من الناس الإنترنت بأنها شبكة «خاملة»، لكنني لا أحب تلك الكلمة. إن ما حفز الإنترنت في البداية هو التشارك في الوثائق والبيانات في الزمن غير الحقيقي، وكانت المرونة أهم وأكبر متطلبات الشبكة حينئذ، فقد كان عليها أن تتمكن من الاستمرار بالعمل حتى ولو توقفت عقدة واحدة فيها أو أكثر [أي حاسوب أو مخدم... إلخ] عن العمل. وصممت الشبكة بحيث ترى البيانات بوصفها مجرد حركة رقمية، من دون أن تفسر مغزى تلك البيانات.

أما اليوم، فنحن نستعمل الإنترنت بطرق تتطلب العمل في الزمن الحقيقي، سواء لمشاهدة ڤيديو بالبث المباشر أو لإجراء مكالمات هاتفية. كما أننا، في الوقت نفسه، نولد المزيد والمزيد من البيانات. ويجب أن تكون الشبكة أكثر إدراكا للمعلومات التي تنقلها كي تستطيع تحديد أولويات إرسالها على نحو أفضل، وأن تعمل بكفاءة أعلى. فعلى سبيل المثال، إذا كنت أجري مؤتمر ڤيديو في مكتبي ثم أدرت رأسي بعيدا عن الشاشة للتحدث إلى شخص دخل لتوه إلى مكتبي، يجب أن تعرف تجهيزات المؤتمر ذلك فتتوقف عن إرسال إشارة الڤيديو إلى أن يتحول انتباهي إلى الشاشة مرة ثانية. إذ يفترض أن تدرك منظومة تجهيزات المؤتمر أنني صرفت انتباهي عنها، وألا تهدر كفاءة عرض النطاق الترددي في أثناء تحدثي إلى الشخص الذي دخل مكتبي.

(SA): كيف تجعل الشبكة أكثر إدراكا للمعلومات التي تنقلها؟

<هوفمان>: ثمة طرق مختلفة لفعل ذلك. إذا أردت معرفة المزيد عن البيانات العابرة للشبكة - على سبيل المثال، بيانات طلب صفحة إنترنت مرسلة إلى أقرب مخدم للشبكة - فيمكنك استعمال برمجيات تلقي نظرة سريعة على رزمة البيانات، في عملية تسمى **التحري العميق للرزمة**[1]. تخيل رسالة ورقية ترسلها عبر البريد العادي وهي موضوعة ضمن ظرف كتب عليه عنوان. فقد لا تهتم مؤسسة البريد بما هو موجود ضمن الرسالة، وإنما بالعنوان فقط. وهذه هي الطريقة التي تعامل بها الإنترنت البيانات الآن. أما في التحري العميق للرزمة، فإن البرنامج يطلب إلى الشبكة فتح ظرف البيانات وقراءة جزء من محتواها على الأقل. إلا أنه لا يمكنك أن تحصل حينئذ إلا على مقدار محدود من البيانات، ويتطلب ذلك الكثير من المعالجة الحاسوبية. يضاف إلى ذلك أنه إذا كانت البيانات **معماة** encrypted، فإن التحري العميق للرزمة لا يكون ناجحا.

أما الخيار الأفضل فهو عمل عُلاّمات للبيانات وإعطاء الشبكة تعليمات لمعاملة أنواع البيانات المختلفة بطرق مختلفة. فمن الممكن اتباع سياسة تنص على أن تيار الڤيديو يجب أن يتمتع بأفضلية على رسالة البريد الإلكتروني، من دون الإفصاح تماما عما هو موجود في تيار الڤيديو أو رسالة البريد الإلكتروني. وببساطة، تأخذ الشبكة تلك عُلاّمات البيانات في الحسبان حين اتخاذها قرارات توجيه البيانات ضمنها.

(SA): ولكن البيانات التي تنتقل عبر الإنترنت تحمل من قبل عُلامات تعريفية، فلماذا لا يمكن استخدام تلك العلامات؟

<هوفمان>: يعتمد ذلك على المستوى الذي تستعمل فيه تلك العلامات. فمثلا، تحتوي رزم البيانات التي تستعمل بروتوكول الإنترنت على ترويسة تتضمن عنوانَي المرسل والمستقبل. ويمكن اعتبار هذين العنوانين «عُلامتين»، إلا أنهما لا يوفران سوى معلومات محدودة جدا. فهما لا يدلان على نوع موقع الإنترنت الذي يطلبه المستعمل، ولا يشيران إلى ما إذا كانت البيانات تخص تيار ڤيديو في الزمن الحقيقي، أو أنها بيانات يمكن معالجتها على دفعات. إنني أتحدث عن عُلامات أغنى وأعلى مستوى، أو **بيانات مُترَفِعة**[2] metadata، يمكن جزئيا ربطها بتلك العلامات المنخفضة المستوى.

(SA): هل يؤدي تحديد أولويات للحركة، بناء على المعلومات التي تحتوي عليها، إلى تفضيل الشبكة لأنواع معينة من الحركة على حساب أنواع أخرى؟

<هوفمان>: يجب ألا يكون ثمة

---

(1) deep-packet inspection

(2) بيانات عن البيانات.

اختلاف في الشبكة عما نراه فعلا في طرقاتنا وشوارعنا، على سبيل المثال. فعندما نسمع صوت صفارة سيارة إسعاف، فإن المتوقع من الجميع الانحراف إلى جانب الطريق والسماح لعربة الإسعاف بالمرور بأسرع وأسلس ما يمكن، فلعل ذلك ينقذ حياة شخص ما. إن الكلمة الدليلية في هذه الحالة هي صفارة الإنذار - فبمجرد أن ندرك أن ثمة حالة طوارئ، فإننا لا نحتاج إلى معرفة من الموجود في داخل السيارة أو ما هي مشكلته، ونتصرف وفقا لذلك. هل يجب أيضا أن نعطي رزم بيانات معينة أفضلية في حالة الطوارئ؟ إن الأمر كله يتعلق بالشفافية وبالسلوك المتعارف عليه في الشارع وفي الشبكة أيضا.

(SA): وحتى لو استطاعت شبكة أكثر ذكاء نقل البيانات على نحو أكثر براعة، فإن المحتوى المعلوماتي يتزايد زيادة أسية. فكيف تُقَلِّصُ مقدار الحركة التي على الشبكة أن تتعامل معها؟

<هوفمان>: تولد هواتفنا الذكية وحواسيبنا وتجهيزاتنا الأخرى مقادير كبيرة من البيانات الخام التي نرسلها إلى مراكز البيانات بغية معالجتها وخزنها. ولكن إرسال جميع تلك البيانات من جميع أنحاء العالم لمعالجتها في موقع مركزي لن يكون ملائما في المستقبل. وبدلا من ذلك قد ننتقل إلى نموذج حيث تتخذ قرارات بشأن البيانات قبل وضعها في الشبكة. فمثلا، إذا كانت لديك في مطار آلة تصوير أمنية، فإنك تبرمجها أو تبرمج حاسوبا مخدما صغيرا يتحكم في عدة آلات تصوير للقيام بتعرف الوجوه محليا باستعمال قاعدة بيانات مخزنة في آلة التصوير أو في المخدم قبل وضع أي معلومات منها في الشبكة.

(SA): كيف يعالج تشبيك المعلومات مشكلات الخصوصية؟

<هوفمان>: تتصف الخصوصية حاليا بأنها ذات وجهين فقط، أي إما أن تحتفظ بخصوصيتك، أو أن تبيحها كليا تقريبا بغية الحصول على خدمات معينة مشخصنة (أي تخصك شخصيا)، من قبيل توصيات بموسيقى تفضلها أو كوبونات عروض التسوق على الإنترنت. إلا أنه يجب أن يكون ثمة شيء فيما بين هاتين الحالتين يمكِّن المستعملين من التحكم في معلوماتهم.

إلا أن المشكلة الكبرى هنا هي أن ذلك يجب أن يكون سهل الاستعمال. انظر إلى صعوبة إدارة خصوصيتك في الشبكات الاجتماعية، فأنت تجد صورة لك وقد أصبحت في نهاية الأمر جزءا من تيار صور أناس لا تعرفهم أصلا. لذا، يجب أن يكون ثمة نظير رقمي لزر يمكنك من المقايضة بين الخصوصية والشخصنة. فكلما كان ما أكشفه عن نفسي أكثر، كانت الخدمة التي أستقبلها أكثر شخصنة. غير أنه يمكنني أيضا تدوير الزر في الاتجاه المعاكس: فإذا كنت أرغب في إتاحة معلومات أقل تفصيلا عن نفسي، فإنني مع ذلك أستطيع أن أحصل على بعض عروض مشخصنة لكنها أقل تخصيصا لهويتي.

(SA): تستفيد الهجمات المعلوماتية، إلى حد ما، من انفتاح الإنترنت، ولذا فإن الأمن متروك بمعظمه على عاتق الحواسيب والتجهيزات الأخرى الموصولة بالشبكة. فما الأثر الذي يمكن لتشبيك المعلومات أن يتركه في أمن الإنترنت؟

<هوفمان>: تزود مقاربة تشبيك المعلومات البنية التحتية الشاملة للشبكة بمزيد من الإدراك للحركة فيها، وهذا يمكن أن يساعد على تحديد أنواع معينة من الهجمات المعلوماتية والتخفيف من حدتها. ويمكن لعوامل أخرى أن تُعَقِّد ذلك أيضا. فأنا أتوقع، وآمل، أن **تُعَمَّى** encrypted حركة البيانات على نحو متزايد لتحقيق أمن وخصوصية حقيقيين. ولكن عندما تعمى البيانات يصبح من الصعب استخراج أي معلومات منها، وهذا يمثل تحديا بحثيا يتطلب طرق تعمية جديدة تحافظ على السرية مع السماح بتطبيق عمليات رياضياتية معينة على المعلومات المعماة.

تخيل، مثلا، أن دخل كل أسرة في منطقة ما قد عُمِّيَ وخُزِّن في مخدم في السحابة الإلكترونية بحيث لا يستطيع قراءة الأرقام الفعلية سوى الشخص المخوّل له بذلك. حينئذ قد يكون من المفيد تعمية الأرقام بطريقة تسمح للبرمجيات العاملة في السحابة بحساب متوسط دخل الأسرة في المنطقة من دون تحديد هوية أي من تلك الأسر، وذلك بالعمل فقط على الأرقام المعماة.

وفي مقاربة أخرى يمكن تطوير طرق ذكية لإدارة مفاتيح التعمية بحيث يمكن التشارك فيها من دون التضحية بالأمن. فإذا تحقق ذلك على نحو صحيح، فإنه لن يضع أي عبء إضافي على المستعمل. وفي ذلك يكمن الحل، والتحدي أيضا. فحسبك أن تفكر في عدد الذين يُعَمُّون فعلا بريدهم الإلكتروني اليوم - تقريبا لا أحد يفعل ذلك، لأنه يمثل عبئا إضافيا. ■

<**ا. گرينماير**> محرر مشارك لدى مجلة ساينتفيك أمريكان.

مراجع للاستزادة

Read an article by Markus Hofmann about the related need for "application-aware" networks: http://tinyurl.com/cj25voa

Scientific American, June 2013

بذور الخرف[*]

إن التفاعل السلسلي للبروتينات السامة قد يساعد على تفسير داء ألزهايمر وداء باركنسون وغيرهما من الأمراض القاتلة تفسيرا عميقا من شأنه أن يقودنا إلى اكتشاف خيارات علاجية جديدة ما زلنا في أَمسِّ الحاجة إليها.

<L. C. ووكر> - <M. يوكر>

يلاحظ **المشرِّح المرضي** pathologist عند الفحص الميكروسكوبي لعينة من الخلايا العصبية المصابة، مأخوذة من دماغ مريض توفي بداء **ألزهايمر** Alzheimer، مواد بروتينية متكدسة غريبة لا تنتمي إلى بنيتها الداخلية. فمن أين أتت هذه المواد؟ ولماذا يوجد الكثير منها؟ والسؤال الأكثر أهمية هو: ما علاقتها بهذا الاضطراب المرضي المدمر غير القابل للشفاء؟ والبحث عن إجابات عن هذه التساؤلات قد قاد إلى اكتشاف مذهل: إن سلوك هذه **البروتينات التكدسية** clumped proteins في داء ألزهايمر وغيره من **الأمراض العصبية التنكسية**[1] الرئيسية، يشبه سلوك **البريونات** prions؛ أي تلك البروتينات السامة التي تخرب الدماغ في مرض **جنون البقر**[2].

والبريونات هي نسخ مشوهة للبروتينات الموجودة بشكل طبيعي في الخلايا العصبية، وهي أيضا شديدة المقاومة وتتعرض كغيرها من البروتينات للتطوي بصورة شاذة والتكتل معا، مطلقة تفاعلا سلسليا قد يؤدي إلى إتلاف مناطق دماغية بكاملها في نهاية الأمر. وفي السنوات العشر الأخيرة، توصل الباحثون إلى معرفة أن هذه العملية قد لا تقتصر على مرض جنون البقر والأمراض الغريبة الأخرى، بل تحدث أيضا في معظم الاضطرابات العصبية التنكسية، بما فيها ألزهايمر وباركنسون و**التصلب الجانبي الضموري** amyotrophic lateral sclerosis (والمعروف باسمه المختصر ALS، أو بداء **لو گيريگ** Lou Gehrig أيضا)، و**الخرف** dementia المرتبط بارتجاج الدماغ عند لاعبي كرة القدم الأمريكية وعند الملاكمين.

وتشير الدلائل كافة إلى أن داء ألزهايمر وداء باركنسون ليسا من الأمراض المعدية، كما هي الحال، مثلا، في مرض جنون البقر أو الإنفلونزا. وتعود أهمية هذه الاكتشافات الحديثة إلى أنها تقدم المشتبه به الرئيس للعلماء في سياق بحثهم عن الأسباب الكامنة وراء هذا العدد الهائل من الاضطرابات المخربة للدماغ - أي إنها تقدم لهم دليلا يهتدون به في مسيرتهم الرامية، في نهاية المطاف، إلى اكتشاف أساليب علاجية. فالأدوية التي تم تطويرها خصيصا للاستعمال في داء ألزهايمر قد يكون من الممكن استخدامها مباشرة (أو بعد استحداث أدوية جديدة منها) في داء باركنسون وفي أذيات الدماغ الرضية أو في الحالات العصبية المرعبة الأخرى التي تسلب المرء قدرته الأساسية على إدراك ذاته. إنها بالفعل أنباء سارة تُفرح عشرات الملايين حول العالم ممن يعانون

(*) SEEDS OF DEMENTIA
(1) neurodegenerative diseases
(2) cow disease

باختصار

اكتشاف استحق جائزة نوبل: وهو الاكتشاف الذي أثبت أن مرض **جنون البقر**[2]، وما يرتبط به من أمراض معدية، يظهر عندما تأخذ هذه البروتينات الضالة (**البريونات** prions) تعيث خرابا من خلال ما تُحدثه من تشويه في النسخ الطبيعية للبروتينات.

مرض البريون وأشباهه: يبدو أن هناك عمليات مماثلة لما يحدث في مرض البريون تجري أيضا في **الأمراض العصبية التنكسية**[1] بما فيها **داء ألزهايمر وداء باركنسون وداء لو گيريگ**، على الرغم من أنها أمراض لا تنتقل من شخص إلى آخر.

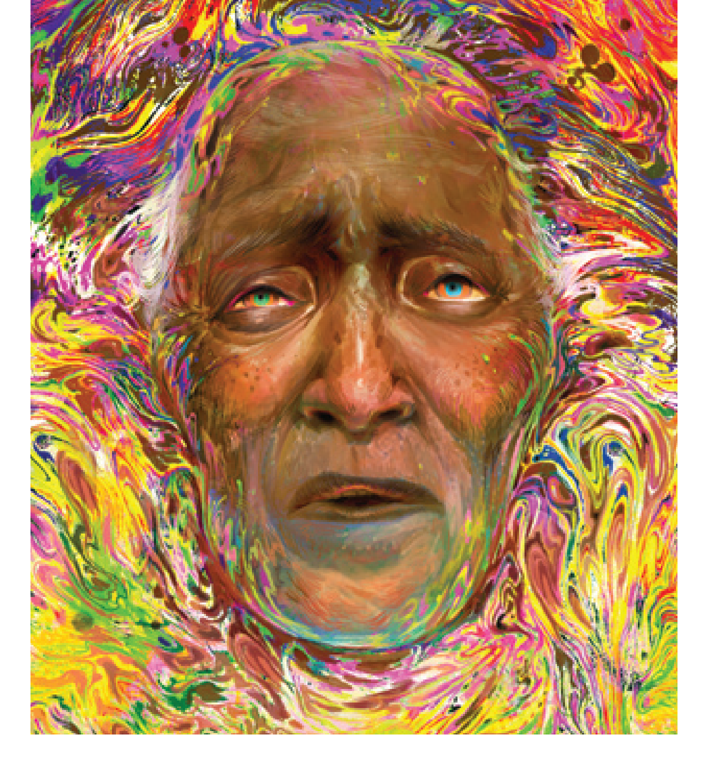
كيف تتشوه البروتينات: إن الكشف عن الكيفية التي تتحول بها البروتينات إلى شكل جديد، وما ينجم عن ذلك من تحولات مماثلة في بروتينات أخرى، قد يفضي بنا إلى مقاربات جديدة على مستويي الوقاية والمعالجة لبعض أهم الأمراض العصبية في العالم.

اضطرابات عصبية تنكسية.

ويعود الفضل في نشوء التفكير الحديث إلى البحوث الأولى التي قادت إلى اكتشاف البريونات. وقد بدأت هذه البحوث في مطلع القرن التاسع عشر، حيث ظهرت تقارير عن مرض فتاك غريب الأطوار عند الأغنام يُسمى **الراعوش** scrapie (التهاب دماغي في الماشية)، وقد تمت تسميته بهذا الاسم لأن الحيوانات المصابة به تفرك جلدها قسريا حتى زوال الصوف عنه. وعندما بدأ الباحثون باستقصاء المرض لاحقا، لاحظوا بالفحص المجهري أن الجهاز العصبي مليء بالثقوب. وفي ثلاثينات القرن العشرين ذهب باحثان، أحدهما فرنسي والآخر إنكليزي، إلى أن مرض الراعوش يمكن أن ينتقل من نعجة إلى أخرى، ولكن العامل المعدي كان مراوغا ويتصرف بشكل غريب: إذ إن فترة الحضانة، ما بين التعرض للمرض وظهور أعراضه، كانت أطول بكثير مما هو معروف في الأمراض البكتيرية والڤيروسية الاعتيادية، إضافة إلى أن الاستجابة المناعية، التي تحدث عادة لإيقاف غزو **العوامل الممرضة** disease-causing agents، كانت غائبة أيضا.

لقد أوحت هذه الحوادث الغريبة بأن السبب لا يرجع إلى المتهمين التقليديين، ولم يتغير الأمر كثيرا بعد مضي عشرين سنة على نشر هذه التقارير، فالراعوش لا يزال مرضا بيطريا غامضا. وعلى أية حال، في خمسينات القرن العشرين لاحظ ‹W. هادلو› [الذي كان يعمل آنذاك في المحطة الميدانية لمجلس الأبحاث الزراعية البريطانية بمدينة كومبتون] تشابها جليا في باثولوجيا الدماغ بين مرض الراعوش ومرض بشري غامض محير يدعى **كورو** Kuru، وهو مرض عصبي تنكسي مترقٍ يُصيب بصورة رئيسية السكان الأصليين لبابوا غينيا الجديدة، حيث يُلاحظ تدهور حثيث في وظيفة التناسق وفي الوظائف العقلية يؤدي دائما إلى الموت. وقد تبين في النهاية أن المرض ينجم عن ممارسة طقس أكل لحوم البشر من جثامين أفراد القبيلة الذين ماتوا بهذا المرض، الأمر الذي يدل على أن عاملا معديا هو المسؤول، وذلك من خلال انتقال أعداد منه بطريقة ما من مكان آخر من الجسد إلى الدماغ.

وفي ستينات القرن العشرين أكد ‹C .D. كاجدوسيك› [من معهد الصحة الأمريكي] وزملاؤه، انتقال المرض بالعدوى، وذلك من خلال إقدامهم على حقن مباشر لأدمغة ثدييات لابشرية بمادة دماغية مأخوذة من ضحايا مرض الكورو. كما تمكن فريق ‹كاجدوسيك› من تعرف موجودات تشريحية مرضية مشتركة بين مرض الكورو وأمراض عصبية تنكسية أخرى: داء **كرويتسفيلد جاكوب** (CJD)[1]، وهو نموذج سريع الترقي من الخرف يصيب نحو واحد في المليون من



سكان الأرض. وقد ذهب ‹كاجدوسيك› إلى أبعد من ذلك حين أثبت أن الداء CJD يمكن نقله إلى الثدييات بنفس طريقة انتقال مرض الكورو، علما أن الداء CJD كثيرا ما يظهر عند البشر بصورة عفوية.

وفي ثمانينات القرن العشرين قام ‹S. B. بروزينر› [من جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو] بتحديد هوية العامل المسبب للراعوش وللاضطرابات المتعلقة به، والتي أصبحت اليوم بمجملها معروفة تحت عنوان عريض هو **اعتلالات الدماغ الإسفنجية** spongiform encephalopathies، وقد سميت كذلك نظرا لأنها تجعل الدماغ يكتسب مظهرا يشبه الجبنة السويسرية[2]. ففي سلسلة من التجارب المتعة، جمع ‹بروزينر› والعاملون معه أدلة كثيرة مقنعة تفيد بأن العامل المعدي هو مجرد نسخة ذات التطوي الخاطئ من البروتين الحميد عادة، والمعروف باسم «PrP». وفي ذلك الوقت أيضا قام ‹بروزينر› بصياغة مصطلح الـ «**بريون**» prion (والذي يلفظ: **بري أون** pree-on) للتعبير عن جسيمات بروتينية مُعدية، ولتمييز العوامل البروتينية، التي تنشر المرض بمفردها، عن الڤيروسات والبكتيريا والفطور و**الممرضات** pathogens المعروفة الأخرى. (هذا المصطلح هو قيد التوسع اليوم ليشمل بروتينات أخرى تفرض شكلها على بروتينات مشابهة، ولكنها **ليست معدية** infectiousness بالضرورة). وحين ذهب ‹بروزينر› إلى القول إن البروتين قد يكون قادرا على نقل المرض قُوبلت أفكاره بسيل جارف من الجدل. ومع

(١) Creutzfeldt Jakob disease
(٢) انظر: "*The Prion Diseases,*" by Stanley B. Prusiner; *Scientific American*, January 1995

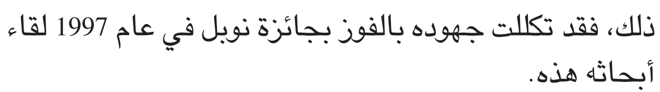
المؤلفان

Lary C. Walker

ووكر أستاذ باحث في مركز يركيز الوطني لأبحاث الثدييات العليا، وهو أستاذ مشارك في الأمراض العصبية بجامعة إيموري.

Mathias Jucker

يوكر أستاذ باحث في معهد هيرتي لأبحاث الدماغ السريرية بجامعة توبنگن الألمانية وأيضا في المركز الألماني للأمراض العصبية التنكسية في توبنگن. وقد تعاون المؤلفان إلى أقصى درجة خلال العقدين المنصرمين في بحوث الدماغ عند المسنين وفي أبحاث داء ألزهايمر.



ذلك، فقد تكللت جهوده بالفوز بجائزة نوبل في عام 1997 لقاء أبحاثه هذه.

تشير آخر البحوث المعمقة، التي أُجريت على داء ألزهايمر، وعلى الاضطرابات التنكسية الأخرى، إلى أن هذه الاضطرابات - على الرغم من افتقادها إلى عامل الإعداء المميز لأمراض البريون الكلاسيكية - قد تنشأ وتتوسع في الدماغ بطريقة مماثلة، وهو ما نسميه **بذْرُ البروتين الممرض** pathogenic protein seeding. وعلى غرار البريونات المسؤولة عن مرض الراعوش وأمثاله، فإن البذور البروتينية يمكنها أن تُطلق وتُلتقط وتُنقل من قبل الخلايا، مما يفسر انتشار المرض من مكان إلى آخر. وتشير هذه المشتركات إلى أن **باراديگما البريون** prion paradigm قد يوحد تفكيرنا قريبا بشأن الكيفية التي تنشأ بها أمراض مدمرة تبدو مختلفة ظاهريا.

هل يقف التطوي الخاطئ وراء داء ألزهايمر؟(*)

يعود التلميح الأول لهذا الارتباط إلى ستينات القرن العشرين عندما بدأ الباحثون المكافحون في سبيل فهم أسرار الأمراض البريونية بملاحظة مشابهات مثيرة للاهتمام في التبدلات الدماغية بينها وبين الاضطرابات العصبية التنكسية، لا سيما منها داء ألزهايمر؛ السبب الأكثر شيوعا للخرف عند كبار السن، حيث يبدأ المرض لديهم خلسة ثم يتطور بلا رحمة خلال سنوات عدة، سالبا ضحيته ذاكرتها، ثم شخصيتها، وأخيرا حياتها نفسها. ومعدل وقوع داء ألزهايمر يتضاعف كل خمس سنوات بعد عمر الـ65 سنة، وفي عمر الـ85 سنة يصاب به نحو شخص واحد من كل ثلاثة أشخاص.

لقد أدرك باحثو ذلك العصر أيضا مشاركة التكدس البروتيني في إحداث المرض. ففي عام 1906 ذهب <A. ألزهايمر> - الذي عُرف المرض لاحقا باسمه - إلى ربط الخرف بسمتين **ميكروسكوبيتين**(1) شاذتين مميزتين للدماغ: أولاهما هي **اللويحات الشيخوخية** senile plaques (ومعروف حاليا أنها تتكون من تكدسات قطع من بروتين تطوٍ خاطئ، تقع خارج الخلية وتسمى **أميلوئيد-بيتا** amyloid-beta أو Aβ)، وثانيهما هي **الحبائِكُ العصبِية اللُّييفِية** neurofibrillary tangles التي تتموضع داخل الخلية (وهي خيوط مكونة من **كداسات** aggregations بروتين، ويُعرف هذا البروتين باسم **تاو** tau). وعندما يتم تكبير هذه الكداسات بالميكروسكوب الإلكتروني يمكن رؤية البروتينات على شكل ألياف طويلة مكونة من الأميلوئيد-بيتا أو التاو. إضافة إلى ذلك، فإن هذه البروتينات تشكل تجمعات أصغر تعرف **بالأوليگومرز** oligomers **وبالليفات البدئية** protofibrils التي تتميز أيضا بقدرتها على التدخل في الوظيفة الطبيعية **للنورونات** neurons.

وفي أواخر ستينات القرن العشرين بدأ فريق <كاجدوسيك> اختبار الفرضية القائلة بإمكانية انتقال داء ألزهايمر بطريقة مماثلة لانتقال المرضين الراعوش والكورو والداء CJD، حيث تم حقن أدمغة ثدييات لابشرية بمواد دماغية مُعالجة مأخوذة من أدمغة مرضى ألزهايمر. بعد ذلك وبشكل مستقل قام فريق برئاسة كل من <R. ريدلي> و <H. بيكر> [وكانا حينذاك في مركز البحث السريري في هارو ببريطانيا] بإجراء تجارب مماثلة. ولم تتوصل دراسات <كاجدوسيك> إلى نتائج محددة، كما أن أيا من الفريقين لم يُبلغ عن إحداث داء الزهايمر بشكله الصريح، مع أن الباحثين البريطانيين وجدوا ما يشير إلى وجود تأثير ما: فبعد فترة حضانة لا تقل عن خمس سنوات ظهر عند قردة **المارموسيت** marmosets، التي كانت قد تلقت مادة دماغية من مرضى ألزهايمر، عدد أكبر من لويحات الأميلوئيد-بيتا مقارنة بمجموعة المراقبة.

وفي هذه المرحلة، كانت مجموعاتنا البحثية تفكر جديا بأخذ المبادرة وإجراء دراسات تستقصي ما إذا كان أميلوئيد-بيتا ذو التطوي الخاطئ بتراكماته الصغيرة يقوم بدور البذرة التي تُطلق تفاعلا سلسليا للتطوي الخاطئ للبروتين ولتراكمه اللذين يقودان في نهاية المطاف إلى نمط من الرواسب البروتينية التي تستحوذ على الدماغ في داء ألزهايمر. بيد أن عزيمتنا وهنت بسبب السنوات الخمس، أو ما يقاربها، التي تستغرقها فترة حضانة البذور كي تتشكل لويحات الشيخوخة عند القردة.

وفي أواسط تسعينات القرن العشرين تغيرت وجهة نظرنا إلى حد بعيد مع مجيء الفأرة المعدلة جينيا التي هُندِست كي تنتج طليعة البروتين الذي تتكون منه أجزاء الأميلوئيد-بيتا البشري (APP مختصر **لطليعة بروتين الأميلوئيد**

(*) IS MISFOLDING BEHIND ALZHEIMER'S?

(1) microscopic



(*) A Molecular Forced March That Destroys the Brain

amyloid precursor protein). وبرفقــة مجموعــة موهوبــة من الزملاء والطلبة، بدأنا سلسـلة من التجارب لتقصي فرضية بـذرة الأميلوئيد-بيتـا عند هذه الفئران. لقـد قدمت لنا هذه الحيوانات المعدلة جينيـا فوائد جمة في تجاربنا، مع أنها لا تحمل جميع خصائص داء ألزهايمر (فهو كما يبدو لا يصيب سـوى الإنســان فقط): فهي صغيرة الحجم ويسهل الحفاظ عليها وعمرها قصير، كما أن كلا منها يطور عفويا رواسـب أميلوئيد-بيتا في العمر نفسه تقريبا.

لقد تم التركيز في دراساتنا على الأميلوئيد-بيتا أكثر منه على التاو، فمع أن كلتا اللويحات والحبائِك تسـهمان في التنكس العصبي المسـبب للخـرف في داء ألزهايمر، فــإن بينات كثيـرة توحي أن الأميلوئيد-بيتـا ذا التطوي الخاطئ هو المفتاح الذي يُحفِز تطور المرض. وبالفعل، فإن الكثير من عوامل اختطار داء ألزهايمر تؤثر في التفاعلات الخلوية التي تسـهم فـي إنتاج وتطوي وتكـدس وإزالة الأميلوئيد-بيتـا. والطفرات الجينية المسـؤولة عن ظهور المرض في عمر مبكر جدا تغيـر طليعة بروتين الأميلوئيد APP أو الإنزيمـات الرابطة للأميلوئيد-بيتـا[١]. ويعرف العلماء اليوم أن علامــات داء ألزهايمر تبدأ بالظهور في الدمــاغ قبل عقد أو أكثر من ظهور الأعراض السـريرية، وأن التكـدس الشــاذ للبروتينـات يحصل باكـرا جدا خلال سـيرورة المـرض[٢]. وإدراكا منا لحقيقة أن تكدس الأميلوئيد-بيتا ذو التطوي الخاطئ هو العامل الأســاس في تطور داء ألزهايمر، فقد داخلتنا رغبة كبيرة في معرفة ما هو المحفز الأول لعملية التكدس في الدماغ.

وخلال تجاربنا الأولى، بدأنا بمحاولة الوصول إلى نتيجة فيمـا إذا كانت خلاصات النسـيج الدماغـي لمرضى توفوا بداء ألزهايمر ستسـبب تراكمات للأميلوئيد-بيتا في أدمغة فئـران طليعة بروتين الأميلوئيـد APP المعدلة جينيا. وبتعبير أخر: هل يمكننا أن نحدث تراكما من الأميلوئيد-بيتا ونجعله ينتشر بالطريقة نفسها التي تحرض بها البريونات على تراكم البروتين PrP في اعتلالات الدماغ الإسـفنجية؟ وباسـتعمال طـرق طُورت خصيصا لدراسـة تلك البريونـات، أخذنا في البدايـة عينات دماغية صغيرة من مرضى ألزهايمر، وعينات من مرضى المراقبة الذين كانوا قد توفوا لأسـباب أخرى، لا علاقة لها بداء ألزهايمر. جرشـنا النسيج، وثفلنا عيناته في **المنبـذة** centrifuge لفتـرة وجيزة للتخلـص من قطع الحتات الكبيرة، ثـم حقنا كمية صغيرة جدا من الخلاصة في أدمغة فئران فتية معدلة جينيا.

كانــت النتائج إيجابية. فبعد 3 إلى 5 أشــهر – أي قبل أن تبدأ الفـأرة بإنتاج لويحـات الأميلوئيد-بيتا الخاصة بها في الحالة الطبيعية – ظهرت كداسـات كبيـرة من الأميلوئيد-بيتا فـي أدمغة الفئران التي تلقت خلاصة دماغ مرضى ألزهايمر. وقد تشـكلت اللويحات بدرجة كانت تتناسـب طردا مع كمية الأميلوئيد-بيتـا في خلاصة دماغ المُعطي، ومع مدة الحضانة أيضا. وهي طُرُز لا نتوقع رؤيتها إلا إذا كانت الخلاصات سببا في تشـكل اللويحات. والأكثر أهمية من ذلـك هو أن الأدمغة المانحة التي لم تكن تحتـوي على الأميلوئيد-بيتا المتكدس، لم تنثر البذور اللازمة لتشكل اللويحات في الفأرة المعدلة جينيا.

تعريف بذرة الأميلوئيد-بيتا(*)

مع أن التجارب المذكورة أظهرت أن ترسيب الأميلوئيد-بيتا يمكن أن يُبْتدَأ بفعل خلاصات مأخوذة من أدمغة مرضى ألزهايمر، بيد أنها لم تكن تشـير بشكل حاسـم إلى أن الأميلوئيد-بيتا في الخلاصة المعطاة هو المسؤول عن تشكل اللويحات. وإزاء هذا الشك القائم كان علينا أن نطرح عدة أسئلة إضافية. فقد تسـاءلنا أولا فيما إذا كانت رواسب الأميلوئيد-بيتا المشاهدة في الفأرة ليست سوى المواد المحقونة بعينها. وجاء جوابنا هنا بالنفي: فبعد مرور أسبوع واحد على الحقن لم نعثر على دليل لتكدس الأميلوئيد-بيتا في الدماغ، فضلا عن أن اللويحات لم تظهر إلى العيان سوى بعد مضي شهر أو أكثر.

أما سـؤالنا الثاني فقد تمحور حول ضرورة الأخذ في الحسـبان احتمال تشـكل اللويحات بتحريض من بعض مكونات خلاصة الدماغ البشـري عـدا الأميلوئيد-بيتا؛ كأحد الفيروسات البشرية على سبيل المثال. فقد نفينا هذا الاحتمال بإثبات قدرة الخلاصات الدماغية – المأخوذة من فئران طليعة بروتين الأميلوئيد APP المعدلة جينيا والمعمرة والخالية من المُمْرضات – على نثر البذور، شأنها في ذلك شـأن الخلاصات الدماغية البشرية، طالما احتوت العينات المأخوذة علـى كمية وافرة مـن الأميلوئيد-بيتا المتكدس. فضلا عن ذلك، ولأن الخلاصات المأخوذة من الأدمغة غير المصابة بداء ألزهايمر لا تسـبب تكـدس الأميلوئيد-بيتا، يمكننا نفي احتمال أن تكون اللويحات قد نشأت استجابة لإصابة ألحقناها بالدماغ أثناء عملية حقن الخلاصة.

ومع أن الأدلة القوية التي تشير إلى مسؤولية الأميلوئيد-بيتا كُمتَّهـم في الإصابـة بألزهايمر، أردنا التوضيـح ببرهان أكثر صراحــة. وتمثلت خطوتنا الثالثة في عـزل الأميلوئيد-بيتا من

(*) DEFINING THE Aβ SEED
(١) انظر: «إيقاف ألزهايمر»، العلوم، العددان 9/8 (2006)، ص 38.
(٢) انظر: «داء الألزهايمر»، العلوم، العددان 2/1 (2011)، ص 64.

الخلاصات الدماغية مستعملين **أجساما مضادة** antibodies نوعية للتخلص منه، وهو إجراء بسيط يُفقد عينات دماغ ألزهايمر قدرتها على تشكيل اللويحة. أخيرا، وحين استعملنا حمضا قويا لبسط البروتينات ذات التطوي الخاطئ، فشلت الخلاصة الدماغية عندئذ في إحداث تشكل اللويحة. وهكذا، نكون قد أكدنا أن شكل البروتين هو ما يتحكم في قدرته على إحداث التطوي الخاطئ وتكديس جزيئات الأميلوئيد-بيتا الأخرى.

يمكننا القول إلى حد معقول الآن إننا أصبحنا واثقين من أن الأميلوئيد-بيتا ذا التطوي الخاطئ هو العامل الفعال الذي قام بنثر البذرة في العينات الدماغية، ومع ذلك ما زال هنالك جزء أساسي من هذا اللغز يستعصي على الفهم. فلو كان الأميلوئيد-بيتا المتكدس وحده هو البذرة، لتمكنا حينئذ من إحداث لويحات باستعمال الأميلوئيد-بيتا المُصنع مختبريا والمتكدس في أنبوب الاختبار، بعيدا عن المواد الدماغية العديدة الأخرى. وكما علمنا، فإن عملية البذر باستخدام البروتينات التركيبية قد تشكل تحديا للباحث، لأن الدراسات على البريونات أظهرت أن المواد المختبرية المستخدمة في صنع البروتينات التركيبية تبدو درجة اختلافها عن المواد المأخوذة مباشرة من الدماغ طفيفة، ولكنها تبقى بالغة الأهمية.

وتحت شروط الحيطة التي يفرضها ما سبق ذكره، قمنا بحقن أشكال مختلفة من الأميلوئيد-بيتا التركيبي المتكدس لأحد فئران طليعة بروتين الأميلوئيد APP المعدلة جينيا، ثم انتظرنا زمن الحضانة المعتاد من 3 إلى 5 أشهر. وجاءت النتائج مخيبة لآمالنا، إذ لم نعثر على أية بادرة تشير إلى تشكُّل اللويحات خلال هذه الفترة الزمنية، وذلك على خلاف ما توصل إليه ‹بروزينر› و‹J. ستوهر› و‹K. گيلز› وشركاؤهم [من جامعة كاليفورنيا في سان فرانسيسكو] حين قاموا بحقن ألياف أميلوئيد-بيتا التركيبية في أدمغة الفئران المعدلة جينيا السابقة الذكر. فبعد فترة حضانة أطول تجاوزت ستة أشهر، أظهرت الفئران دلائل جلية على حصول عملية الترسيب لبذور الأميلوئيد-بيتا في الدماغ. ومع أن بذور الأميلوئيد-بيتا التركيبية أثبتت أنها أقل فعالية من البذور المستخلصة بطريقة طبيعية، فإن الاكتشافات تقدم لنا إيضاحا مقنعا يفيد بأن الأميلوئيد-بيتا المتكدس النقي، وبغياب العوامل الأخرى، قادر بمفرده على تحريض تشكل رواسب الأميلوئيد-بيتا في الدماغ.

بدأ فريقنا البحثي بالتحقيق فيما إذا كانت البروتينات ذات التطوي الخاطئ تقوم بدور البذور التي تحرض تفاعلا سلسليا ينتهي بإنتاج رواسب سمية تغمر الدماغ.

وفي تجارب أكثر حداثة، بدأنا باستقصاء خصائص بذور الأميلوئيد-بيتا التي تمكنه من تعزيز تكديس البروتين في الدماغ. ولأن معظم بروتين الأميلوئيد-بيتا في الخلاصات الناثرة للبذور يُوجد في **الألياف الطويلة غير الذوابة** the long insoluble fibers، انطلقنا من فكرة أن هذه الألياف تشكل البذور الأكثر فعالية. لقد أذهلتنا النتائج: قمنا بتثفيل الخلاصات الدماغية في المِنْبذة بسرعة عالية، ثم قسمنا الخلاصات الدماغية الغنية بالأميلوئيد-بيتا إلى قسمين: قسم الحبيبات غير الذوابة، التي يتكون معظمها من ألياف الأميلوئيد-بيتا والواقعة في قعر أنبوب التثفيل، وقسم المحلول الصافي، الذي يطفو فوق هذه الحبيبات ويحوي كمية صغيرة جدا من أشكال بروتين الأميلوئيد-بيتا الذوابة. وكما توقعنا، فإن معظم الأميلوئيد-بيتا يقبع في الحبيبات التي إن خُطمت ثم حُقنت في دماغ الفأرة المعدلة جينيا أحدث لديها تكدسا في الأميلوئيد-بيتا، وبفعالية تماثل فعالية حقن خلاصة الدماغ الكاملة. ومع ذلك، فقد فوجئنا أيضا بالقدرة العالية للقسم الذواب على إحداث تكدس الأميلوئيد-بيتا وتكوين اللويحات على الرغم من ضآلة كمية الأميلوئيد-بيتا التي يحويها، والتي لا تزيد على واحد في الألف مما يتضمنه قسم الحبيبات. إضافة إلى ذلك، فقد كانت البذور الذوابة عرضة للتخريب بسهولة بواسطة خميرة **البروتيناز K** proteinase K، بينما لم يحصل ذلك للبذور غير الذوابة.

وهناك أخبار جيدة وأخرى سيئة فيما يخص اختلاف حجم بذور الأميلوئيد-بيتا وهشاشتها. وتأتي الأخبار السيئة من أن التجمعات الصغيرة الذوابة، والتي يمكنها التحرك بسهولة أكبر داخل الدماغ مقارنة بالألياف الأكبر حجما، هي بذور فعالة بصورة خاصة. وفي المقابل، فإن حساسيتها للبروتيناز K تشير إلى أن البذور الذوابة قد تستجيب بشكل خاص للمعالجات المصممة خصيصا للتخلص منها في الدماغ. ولكون البذور الصغيرة ذوابة، فقد يكون من الممكن أيضا عزلها بسهولة من سوائل الجسم واستخدامها بالتالي كرقيب جزيئي في التشخيص المبكر لداء ألزهايمر، وربما قبل بدء الخرف فعلا. وبما أن عملية بذر البروتين تبدأ، كما يبدو، في المراحل المبكرة جدا من سير المرض، فإن امتلاك وسيلة للكشف عن هذه البذور وتعطيلها قد يجعلنا نقطع شوطا طويلا في مساعينا الرامية إلى تحقيق الوقاية من الأذيات الدماغية والخرف.

التتمة في الصفحة 68

غريبٌ وَ وَتَرِيّ(*)

تجسد حالات اكتشفت حديثا للمادة ما أسماه <آينشتاين> «التأثير الشبحي عن بعد»(١). وتستعصي هذه الحالات على التفسير، حتى ولو أن إجابات قد برزت أخيرا من موضوع فيزيائي غير ذي صلة ظاهريّا بهذه الظواهر: وهو «نظرية الأوتار»(٢).

<S. ساخديڤ>

قبل بضع سنوات وجدت نفسي في مكان لم أكن أتوقع أن أكون فيه أبدا: حيث كنت في مؤتمر للنظريين المتخصصين بالأوتار. فميدان تخصصي هو فيزياء المادة الكثيفة: أي دراسة المواد مثل المعادن والمواد ذات **الموصلية الفائقة** superconductor التي نقوم بتبريدها في المختبرات إلى درجات حرارة قريبة من الصفر المطلق. وهذا الحقل بعيد بقدر ما تتخيل عن نظرية الأوتار قبل الخروج من الفيزياء بالكامل. فالنظريون في حقل الأوتار يهدفون إلى وصف الكون عند قدر من الطاقة أبعد بكثير من أي قدر نحصل عليه في المختبر، أو في الواقع أي قدر ممكن توافره في الكون المعروف. فهم يستكشفون الفيزياء الغريبة التي تحكم سلوك الثقوب السوداء والأبعاد **الزمكانية** spacetime الإضافية المفترضة. وبالنسبة إليهم، فإن **الثقالة** gravity هي القوة السائدة في الطبيعة. أما بالنسبة إليّ، فإن الثقالة غير ذات أهمية.

وينعكس هذا الفرق في مادة البحث على شكل فجوة ثقافية. ويمتلك النظريون الوتريون سمعة هائلة، مما جعلني أذهب إلى المؤتمر متوجلا من براعتهم الرياضياتية. وقد قضيت عدة شهور في قراءة أوراقهم البحثية وكتبهم، وغالبا ما كنت أعجز عن متابعتها وفهمها. وكنت متيقنا أنه سوف ينظر إليّ كوافد جاهل. وعلى الجانب الآخر، واجه النظريون الوتريون صعوبة في فهم بعض أبسط المفاهيم في موضوع تخصصي. فقد كان عليّ أن أقوم برسم صور توضيحية لم أكن أستخدمها إلا نادرا مع المبتدئين من طلبة الدراسات العليا.

فما مبرر وجودي في المؤتمر والحالة هذه؟ ففي السنوات الأخيرة اكتشفنا، نحن - المتخصصين - في المادة الكثيفة، أن المواد التي نقوم بدراستها تتصرف بطريقة لم نكن نتوقعها أبدا، حيث تشكّل أطوارا كمومية بامتياز للمادة تتضمن بِنيتُها بعضاً من أكثر مظاهر الطبيعة غرابة. ففي ورقة بحثية تم نشرها عام 1935 قام <A. آينشتاين> و <B. بودولسكي> و<N. روزين> بلفت النظر إلى أن النظرية الكمومية تقتضي وجود ارتباط «شبحي» بين الجسيمات كالإلكترونات مثلا والذي نسميه حاليا **التشابك الكمومي**(٣). فبكيفية ما تتناغم سلوكيات الجسيمات من دون وجود وسيط فيزيائي مباشر يربط بينها. وقد أدخل <آينشتاين> وزملاؤه في اعتبارهم أزواجا فقط من الإلكترونات، بينما تحتوي المعادن والموصلات الفائقة على أعداد ضخمة منها - في حدود 10^{23} لعينة نمطية

(*) STRANGE AND STRINGY
(١) spooky action at a distance
(٢) انظر: «الكون الذكي»، العلوم، العددان 8/7 (2007)، ص 74: كتابان جديدان يقولان إن الوقت قد حان لإسقاط نظرية الأوتار!
وانظر أيضا: «نظرية كل شيء اللامدركة»، العددان 2/1 (2011)، ص 36.
(٣) quantum entanglement

باختصار

تستطيع المادة تقمص أشكال كثيرة عدا حالات الصلابة والسيولة والغازية. فالإلكترونات المنتشرة في المادة تستطيع القيام بتحولات خاصّة بها، تتضمن سمات كمومية متأصّلة للمادة. وتمثل الموصلات الفائقة أفضل مثال معروف لذلك.

وتنشأ **هذه الحالات** للمادة عن تشابك كمومي في غاية التعقيد بين الإلكترونات، وقد بلغ هذا التشابك من التعقيد حدّا جعل الفيزيائيّين المهتمّين بهذه المواد في حالة عماية بخصوص وصفها.

وقد برزت **بعض الإجابات** من مجال منفصل تماما، وهو نظرية الأوتار، والذي ينتمي - نمطيا - إلى مجال نظريّي علم الكون والجسيمات ذات الطاقة العالية. وظاهريا، لا يبدو أن لنظرية الأوتار علاقة بسلوك المواد - ليس أكثر من علاقة الفيزيائي الذري بفهم المجتمع الإنساني. ومع ذلك فالارتباط بينهما موجود.



المؤلف

Subir Sachdev

<ساخديف> أستاذ فيزياء في جامعة هارڤارد ومؤلف الكتاب الموسوم بـ «تحولات الطور الكمومية» Quantum Phase Transitions، المتوافر الآن بطبعته الثانية (مطبعة جامعة كامبردج 2011).

مغنطيس مرتفع في الهواء بفعل موصل فائق **superconductor يحوي تريليونات من الإلكترونات تشكّل حالة كمومية ضخمة مترابطة بينيًا. والأمر المذهل هو أن الحالة الكمومية لكثير من المواد الجديدة لها علاقة دقيقة برياضيات الثقوب السوداء.**

للمادة المختبرية. وفي بعض المواد يكون التعقيد محيّرا، الأمر الذي حفزني لقضاء الكثير من نشاطي البحثي ممعنا في ذلك. والمعضلة ليست فقط أكاديمية: حيث إن المواد ذات الموصلية الفائقة أضحت ذات أهمية تقانية، مما جعل الفيزيائيين يبذلون غاية جهودهم لفهم سلوكيات الموصلات الفائقة وإمكاناتها.

عندئذ أدركت أنا وزملائي أن بإمكان نظرية الأوتار تقديم مقاربة غير متوقعة لمثل هذه المعضلات. لقد واجه النظريون الوتريون خلال سعيهم إلى توحيد نظرية الجسيمات الأولية مع نظرية آينشتاين للثقالة موضوع **الثّنويّات**(1) – ارتباطات خفية بين مجالات متباينة تماما من الفيزياء [انظر: «وهم الثقالة»، **العلوم**، العددان 7/6 (2006)، ص 68]. هذه الثّنويّات تربط النظريات التي تعمل عندما تكون التأثيرات الكمومية ضعيفة والثقالة قوية بالنظريات التي تعمل عندما تكون التأثيرات الكمومية قوية والثقالة ضعيفة. وهذا يسمح لنا بأن نستبصر مما يحصل في مجال ونطبقه في مجال آخر. ومن ثم نحوّل معضلة التشابك إلى معضلة تثاقلية، ونستفيد بالتالي من الجهود التي بذلها النظريون الوتريون لفهم الثقوب السوداء. وهذا هو التفكير الجوانبي في أدق صوره.

أطوار خفية(*)

وحتى تفهم هذه الدائرة من الأفكار استرجعْ فيزياءَ المرحلة المدرسية، حيث كان المدرسون يتحدثون عن أطوار المادة بدلالة المواد الصلبة والسوائل والغازات. فنحن نمتلك فهما حدسيّا للفروق بين هذه الأطوار. فالمواد الصلبة تمتلك حجما وشكلا ثابتين، والسوائل تأخذ شكل آنيتها؛ والغازات تشبه السوائل ولكن أحجامها يمكن أن تتغير بسهولة. ومع بساطة هذه الفروق، إلا أننا لم نتمكن من الفهم العلمي الكامل لأطوار المادة المحيطة بنا إلا في مطلع القرن العشرين. فللذرّات ترتيب منتظم وثابت في حالة المواد الصلبة البلّورية، بينما تكون هذه الذرات قابلة للحركة في السوائل والغازات.

إضافة إلى ذلك، فإن هذه الأطوار الثلاثة لا تستنفد الإمكانات كافة. فالجوامد ليست فقط ترتيبا من الذرات وإنما أيضا حشد من الإلكترونات. فكل ذرة تقدم بعض الإلكترونات التي تجول عبر أرجاء البلورة . وعندما نصل عينة من المادة الصلبة ببطارية، يسري تيار كهربائي. ومبدئيا، فإن جميع المواد تخضع لقانون أوم: أي إن التيار يتناسب مع الجهد مقسوما على المقاومة. إن المواد العازلة كهربائيا مثل التفلون لها مقاومة عالية؛ بينما المعادن مثل النحاس لها مقاومة منخفضة. والمواد الأكثر لفتا للنظر هي الموصلات الفائقة، التي لها مقاومة صغيرة جدا تستعصي على القياس. في عام 1911 اكتشف <H. K. أونيس> وجود الموصلات الفائقة، وذلك عند تبريده الزئبق الصلب إلى درجات حرارة أقل من 269 تحت الصفر المئوي. وحاليا نحن نعرف بعض الموصلات الفائقة التي تعمل عند درجة حرارة معتدلة نسبيا، وهي 138 تحت الصفر المئوي.

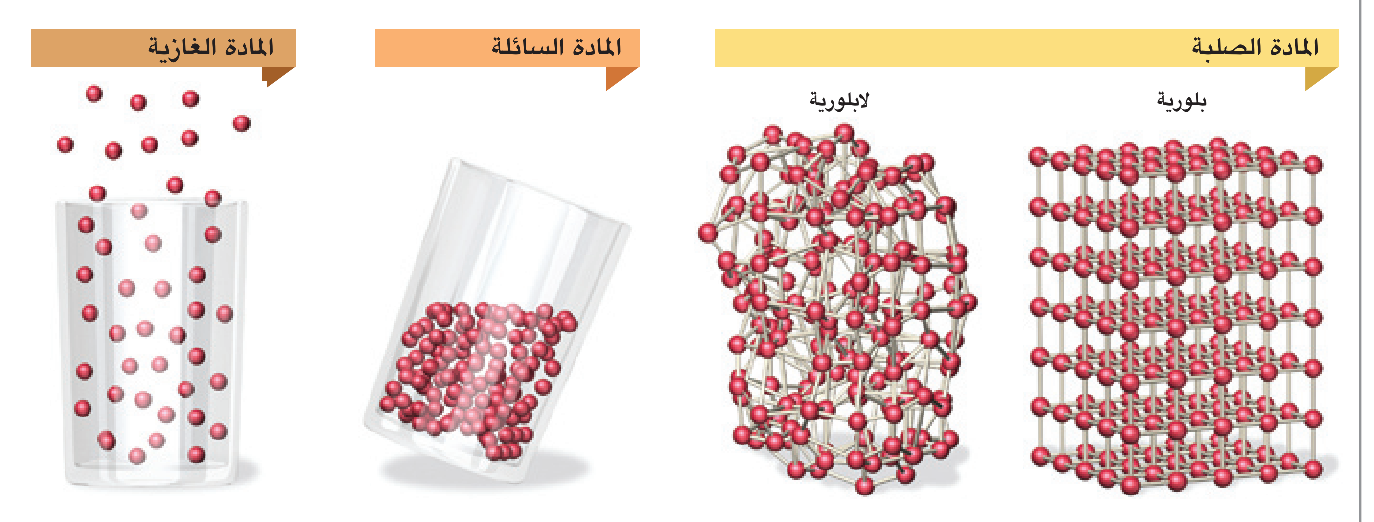
ومع أن الأمر ليس واضحا بمجرد النظر إليها، إلا أن الموصلات والعوازل والموصلات الفائقة عبارة عن أطوار مختلفة للمادة. ففي كل منها تتخذ حشود الإلكترونات أشكالا

(*) HIDDEN PHASES
(1) dualities

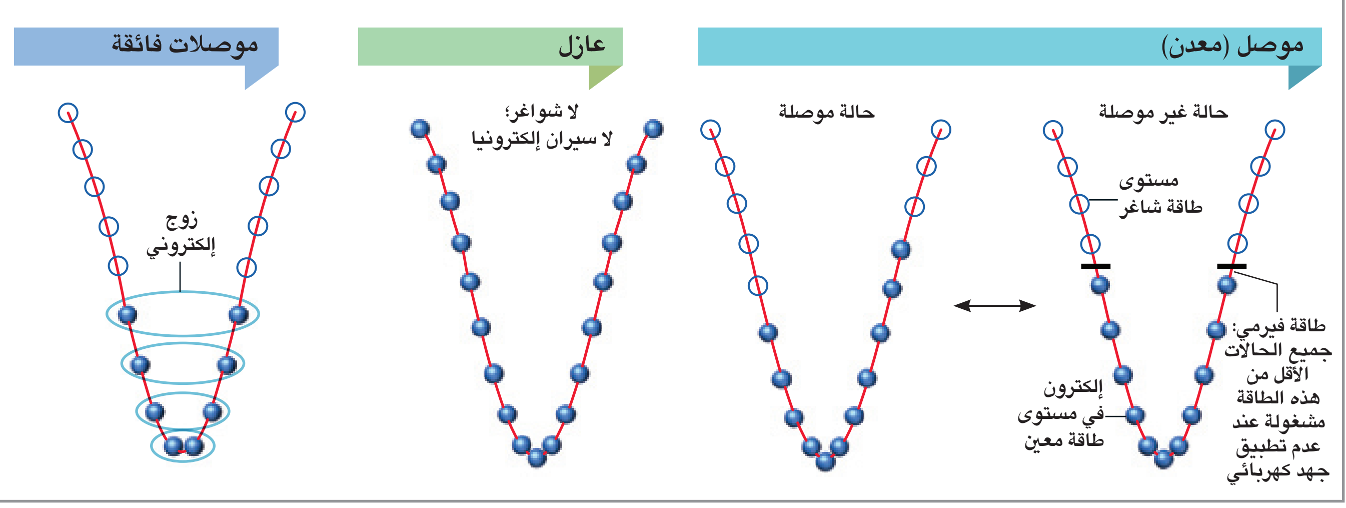
مجرد طور تمرّ المادّة خلاله(*)

تزوّد الفيزياء الكمومية المكوّنات الأساسية للمادة بطرائق جديدة بشكل جذري لترتيب نفسها. فالأطوار الصلبة والسائلة والغازية التقليدية عبارة عن ترتيبات مختلفة للذرات أو الجزيئات، وتتحكم درجة الحرارة في هذه الترتيبات. وتتضمّن الأطوار الكمومية ترتيبات مختلفة للجسيمات كالإلكترونات التي تتخلّل المادة. وتتحكم في هذه الأطوار سماتٌ كشدة الحقل الكهربائي، الذي يحدّد القوى التي تؤثر بها هذه الجسيمات في بعضها بعضا، ومن ثم يعيّن طريقة تجميعها.

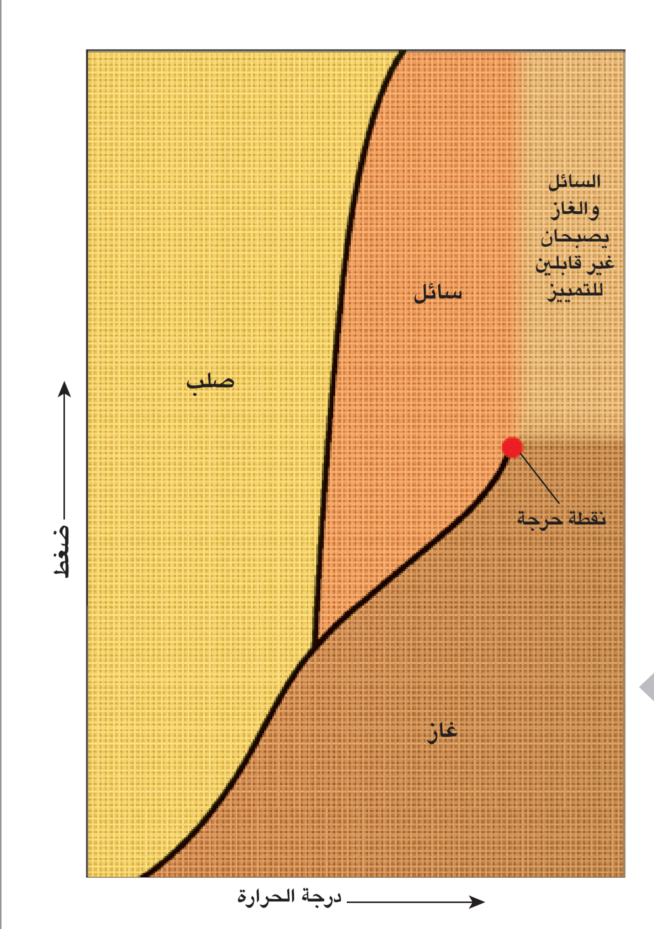
الأطوار التقليدية تمتلك المواد الصلبة أحجاما وأشكالا ثابتة. ففي المواد الصلبة البلورية تكون الجزيئات مرتّبة على شكل شبيكة lattice صلدة منتظمة وثابتة. بينما في المواد الصلبة اللابلورية amorphous تكون الجزيئات – مثلها في حالة السوائل – في حالة مختلطة بغير انتظام ولو أنها تحافظ على مواضعها عند مراقبتها لفترات طويلة. وللسوائل أحجام ثابتة وأشكال متغيّرة، حيث تكون الجزيئات قابلة للحركة مع كونها متماسكة مع بعضها. أما الغازات فتكون حجومها وأشكالها متغيرة، وتكون جزيئاتها قابلة للحركة بحرية وغير مرتبطة ببعضها (أو مرتبطة بشكل ضعيف جدا). وفوق حد معين من درجة حرارة وضغط – يعرف باسم النقطة الحرجة – ينتفي التمايز بين الحالة السائلة والحالة الغازية [انظر مخطط الأطوار في الصفحة المقابلة].



الأطوار الكمومية تنقل المعادنُ الكهرباءَ بسهولة. والإلكترونات في المعادن تقفز من ذرة إلى أخرى، وإذا كانت لدى الذرات مواقعُ خاليةٌ كافية لأن تشغلها الإلكترونات، فإن هذه الإلكترونات تتحرك بسهولة كما لو كانت في حالة غازية. والتأثيرات الكمومية تحدّد عدد الإلكترونات التي تستطيع امتلاك كمية معينة من الطاقة. والعوازل تكاد لا تنقل الكهرباء إطلاقا. فذراتها لا تزوّد الإلكترونات المتجوّلة بشواغر كافية لها مما يجعل هذه الإلكترونات مقيدة في مواضعها، كما هي حال الجزيئات في المواد الصلبة. فهي تشغل جميع الخوابي slots الطاقيّة المتاحة. أما الموصلات الفائقة فهي غازات، ليست مكوّنة من إلكترونات وإنما من أزواج من الإلكترونات تسلك سلوك جسيمات منفردة. ويتم ازدواج الإلكترونات بتأثير السپين الكمومي أو بتأثير الموجات المترقرقة ضمن الركيزة المحيطة الذريّة. وهذه الأزواج لا تخضع للقواعد الكمومية التي تخضع لها الإلكترونات، حيث بإمكانها جميعا امتلاك كمية الطاقة ذاتها – مّما يزيل القيود التي تخضع لها الإلكترونات من حيث تقييدها في مواضعها ويؤدي إلى تنقلها دون مقاومة كهربائية. إن موجة كثافة السپين (ليست مبينة) عبارة عن مادة (أحيانا عازلة وأحيانا ذات موصلية فائقة) بنمط غريب من السپينات الإلكترونيّة. وتتسم هذه المادة بكون نصف الإلكترونات لها سپين فوق والنصف الآخر له سپين تحت، ولنقل مثلا إن ذلك يحدث على شكل صفوف متناوبة. وعندما تكون موجة كثافة السپين بحالتها القصوى يتكون المعدن الغريب [انظر مخطط الأطوار في الصفحة المقابلة]، حيث يكون احتمال كون السپين لكل إلكترون في الحالة فوق أو الحالة تحت متساويين، من دون وجود أنماط موسّعة. وتكون جميع الإلكترونات في المعدن الغريب متشابكة، ولا تتصرّف كجسيمات منفردة ولا حتّى كأزواج، وإنما ككتلة إلكترونية تتألف من تريليونات أو أكثر من الجسيمات.



(*) Just a Phase They're Going Through



مختلفة. وخلال العقدين الماضيين اكتشف الفيزيائيون أطوارا إضافيــة للإلكترونــات في المادة الصلبــة (الجوامد). وأحد الأمثلة المشــوّقة لهذه الأطوار لا يمتلك حتى اسما مميّزا له: حيث كان يتعين على الفيزيائيين أن يســمّوه بالمعدن الغريب، إذ يتميــز هذا المعدن بالطريقة غيــر المعتادة لاعتماد مقاومته الكهربائية على درجة الحرارة.

تنشــأ الفروق بين هــذه الأطــوار عن الســلوك الجمعي للإلكترونات. فبينما أنه بالإمكان وصف حركة الذرات في المواد الصلبة والســوائل والغازات بمبادئ ميكانيكا نيوتن التقليدية، فإن سلوك الإلكترونات كمومي بالضرورة. إن المبادئ الكمومية الرئيســية التي تحكم سلوك هذه الإلكترونات هي نسخ مكبّرة عن تلك التي تحكم ســلوك الإلكترونات في داخل الذرة: حيث يدور الإلكترون حول النواة، وتوصف حركته كموجة منتشــرة حول النواة. ومن الممكن للإلكترون أن يســتقر في عدد لامتناه مــن الحالات الممكنــة بخاصيات معينة ملحوظــة مثل الطاقة. وحقيقة الأمر أن الإلكترون لا يدور حول النواة فحســب وإنما يدور (يدوّم) حول محوره أيضا. ودورانه حول محوره، والذي يُسمى **ســپيناً (تدويماً)** spin، قد يكون مع عقارب الساعة أو عكس عقارب الساعة، ولا يمكن إبطاؤه أو تعجيله؛ واصطلاحا نسمي حالتي السپين هذه **بفوق** up **وتحت** down.

إن أهم قانون يحكم ســلوك الإلكترونات في الذرات التي تحتوي على أكثر من إلكترون هو **مبدأ پاولي للإقصاء** Pauli exclusion principle: لا يمكن لإلكترونين إشغال حالة إلكترون منفــرد ذاتها. (وهذا المبدأ تخضع له جميع جســيمات المادة التي يطلق عليها الفيزيائيون اســم **فيرميونــات** fermions.) فعندمــا نضيف إلكترونات إلى ذرة ما، يســتقر كل إلكترون جديد في حالة الطاقة الأقل والممكنة بموجب مبدأ پاولي، مثل ملء قارورة ماء بدءا من الأسفل.

والتعليل ذاته ينطبق على العدد 10^{23} من الإلكترونات في قطعة من المعــدن. وعندما تنفصل الإلكترونات **الجوّالــة** itinerant عن ذراتها الأصل، فإنها تشــغل حالات ممتدة عبر البلورة بأكملها. ومن الممكــن النظر إلى هذه الحالات كموجــات توافقية بأطوال موجات لها علاقة بطاقات هذه الإلكترونات. والإلكترونات – كما سبق وذكرنا – تشغل حالات الطاقة الأقل بشكل متوائم مع مبدأ پاولي. وهذه الإلكترونات مجتمعة تملأ نمطيّا جميع حالات الطاقة التي هي أقل من عتبة تُسمى **طاقة فيرمي** Fermi energy.

والجهد الكهربائي يعطــي الإلكترونات طاقة كافية لنقله من حالة مشــغولة من الطاقة إلى حالة غير مشغولة ذات طاقة أكبر من طاقة فيرمي [انظر الإطار في الصفحتين 62 و 63]، ويستطيع هذا الإلكترون الســريان بحرية. وفي حالة المادة العازلة، تؤدي

كثافة الإلكترونات إلى كون جميع حالات الطاقة المتاحة مشغولة ابتداء؛ الأمر الذي يؤدي إلى عدم سريان تيار كهربائي حتى مع وجود جهد كهربائي وذلك لعدم توافر مكان للإلكترونات.

أما في المواد ذات الموصلية الفائقة فالصورة أكثر تعقيدا. فلا يمكن فهم الإلكتروناتِ المنفردةِ كلٍّ على حدة نظرا لارتباطها معا على شكل أزواج كما أوضحت النظرية الموصلية الفائقة التي تم تطويرها عام 1957 من قبل الفيزيائيين النظريين <J. باردين> و<L. كوبر> و <J. R. شريفر> (أيضا يشار إليها بالرمز BCS). وهذا الازدواج الجسيميّ يبدو للوهلة الأولى شاذا وغريبا بسبب تنافر الإلكترونات الكهربائي. بيد أن اهتزازات الشبكية البلورية تحدث بشكل غير مباشر قوة تجاذبيّة تتغلب على هذا التنافر. وكل زوج من هذه الأزواج من الإلكترونات لا يتصرّف **كفيرميون** fermion وإنما يسلك سلوك نوع مختلف من الجسيمات الكموميّة يعرف **بالبوزون** boson، وهو لا يخضع لمبدأ الإقصاء لپاولي. ومن ثمّ تستطيع هذه الأزواج من الإلكترونات التكاثف جميعها في الحالة الكمومية نفسها ذات الطاقة الأدنى، وتسمى هذه الظاهرة **تكاثف بوز-آينشتاين** Bose-Einstein condensation. والحال كأن تسكب الماء في قارورة، وبدلا من أن تأخذ القارورة بالامتلاء، تتشكل طبقة رقيقة من الجليد في الأسفل تتمكن من امتصاص أية كمية من الماء تقوم بسكبها دون أن يزداد سمكها.

عند تعريض مثل هذه المادة لجهد كهربائي، فإن هذا الجهد يدفع أزواج الإلكترونات إلى حالة كمومية ذات طاقة أعلى من طاقة الزوج الأصلية بمقدار ضئيل مولّدا تيارا كهربائيّا. وعدا ذلك تكون هذه الحالة من الطاقة خالية من الإلكترونات مما يؤدي إلى عدم وجود إعاقة لسريان أزواج الإلكترونات. وبهذه الكيفية تمرّر المادة ذات الموصلية الفائقة التيارَ الكهربائي دون مقاومة له.

سلوك يغدو حرجا(*)

هذه النجاحات للنظرية الكمومية في تفسير سلوك المعادن والعوازل والموصلات الفائقة ومواد أخرى مثل أشباه الموصلات (وهي أساس الإلكترونيات الحديثة) أدّت بكثير من الفيزيائيين في بدايات ثمانينات القرن المنصرم إلى الاستنتاج بأننا نقترب من الفهم التام لسلوك الإلكترونات في المواد الصلبة، ومن ثم عدم إتاحة المجال لاكتشافات رئيسية جديدة. إلا أن هذه الثقة تبخرت مع اكتشاف الموصلات الفائقة عند درجات حرارة مرتفعة.

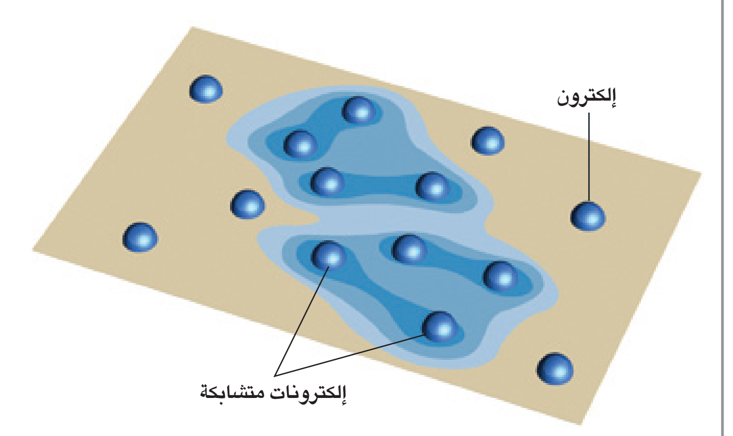
أحد الأمثلة على ذلك مادة **زرنيخات الحديد والباريوم** barium iron arsenide، حيث يقوم التجريبيون فيها بالاستعاضة عن الفوسفور ببعض الزرنيخ. فعند درجات الحرارة المنخفضة تكون هذه المادة فائقة الموصلية، ويرى الفيزيائيون أنها تخضع لنظرية شبيهة بالنظرية BCS باستثناء أن القوة الجذبية بين الإلكترونات لا تنشأ عن اهتزازات الشبكية البلورية وإنما تنشأ عن فيزياء تتعلق بالسپين الإلكتروني. ومع إضافة كمية قليلة من الفوسفور، فإن المادة تشكّل حالة تعرف **بموجة كثافة-السپين** spin-density wave [انظر: «موجات كثافة الشحنة والسپين»، **العلوم**، العدد 4 (1995)، ص 58]. ويكون احتمال كون السپين في الحالة فوق أكبر في نصف مواقع الحديد منه في الحالة تحت وبالعكس في النصف الآخر. ومع زيادة كمية الفوسفور، فإن شدة موجة كثافة السپين تتناقص. وتختفي هذه الموجة بالكامل عندما يتم استبدال كمية حرجة من الزرنيخ تبلغ نحو 30%. وعند هذه النقطة يكون احتمال وجود السپين في الحالة فوق الاحتمال نفسه لكونه في الحالة تحت وذلك في كل موقع، ولهذا الأمر نتائج مهمة.

إن المؤشر الأول للطبيعة الغريبة لهذه الحالة الكمومية الحرجة هو سلوك هذه المنظومة عندما يُبقي التجريبيون نسبةَ الفوسفور مثبّتة عند قيمة 30% ويرفعون درجة الحرارة، حيث

ارتباط بنظرية الأوتار

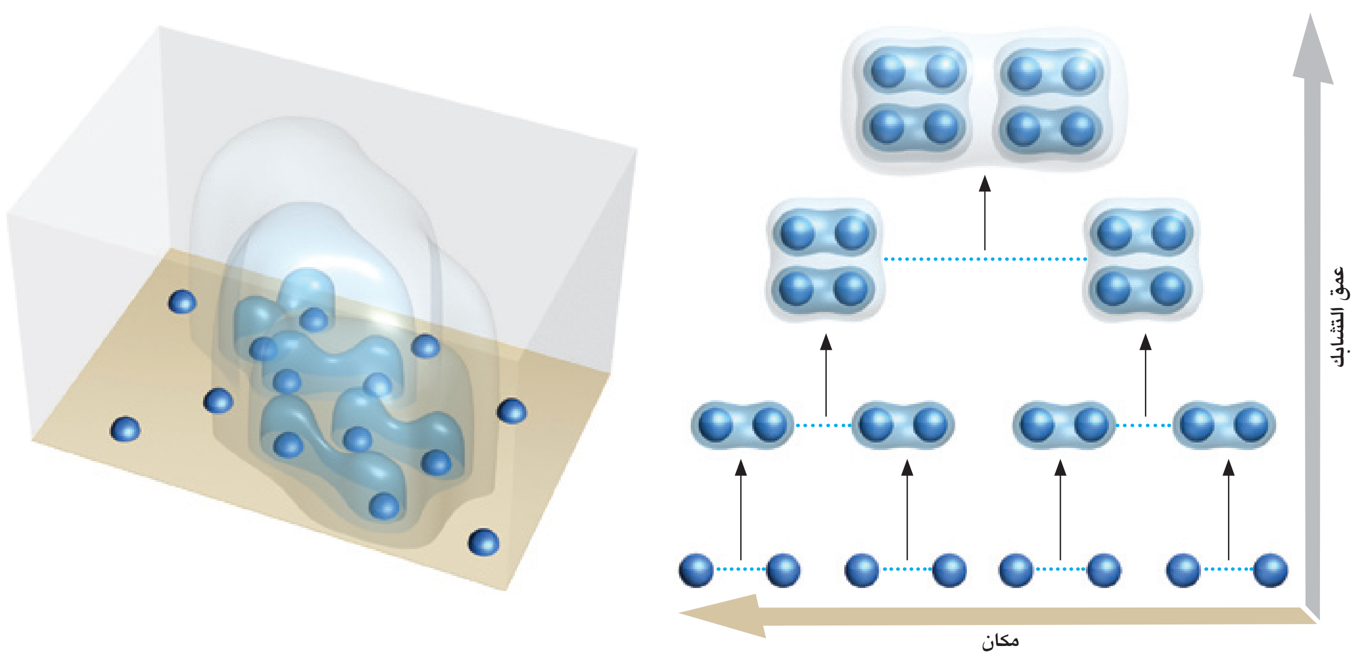
نسيج من التشابكات(**)

لأسباب ما زال على الفيزيائيين فهمها، فإن أطوار المادة الكمومية تتضمن بعدا مكانيا خفيّا يمكن ظهوره عند تحولات الطور كصورة تقفز إلى الخارج في كتاب متحرك. ويبرز هذا البعد بوضوح في الوصف الرياضياتي للعلاقات بين الجسيمية أو التشابك.



تشابك إلكتروني
يعني التشابك أن العديد من الجسيمات الكمومية يسلك كلّ واحد لا يتجزأ. ونمطيا، يتكلم الفيزيائيون عن تشابك جسيمين أو حفنة من الجسيمات ربّما، بيد أنه في بعض المواد التي تنتقل من حالة كمومية إلى أخرى، يتشابك عدد ضخم من الإلكترونات.

(*) GOING CRITICAL
(**) Web of Entanglement



هيكلية hierarchy التشابكات

الغريب أن عملية التشابك تسلك، رياضياتيا، تماما كبعد مكاني. فكما أن الحركة في الفضاء تستلزم المرور خلال نقاط اعتراضيّة، فإن الانتقال من حالة تشابك لجسيمين إلى حالة تشابك لتريليونات من الجسيمات يستلزم تشابك اثنين منها مع اثنين آخرين، وتشابك الجسيمات الأربعة المتشابكة الناجمة مع أربعة جسيمات متشابكة أخرى، وهلم جرّا.

البعد المكاني الإضافي

وهكذا، فإن عمق التشابكات ذاته يسلك كبعد مكاني متضمّن، فوق وخارج نطاق الأبعاد الثلاثة التي يوجد فيها الإلكترون. وباستخدام هذا التشابه الرياضياتي، يتمكن النظريون الذين يدرسون الأطوار الكمومية للمادة من الاستفادة من النتائج التي توصّل إليها نظريّو الأوتار الذين يدرسون الأبعاد المكانية الإضافية.

تكون النتيجة مادّة لا تماثل سلوك الموصل الفائق ولا سلوك موجة كثافة السپين وإنما سلوك معدن غريب.

إن الفكرة الجديدة الرئيسية اللازمة لوصف النقطة الحرجة – الكمومية، وكذلك لفهم الموصلات الفائقة والمعادن الغريبة القريبة منها، هي بالضبط ذلك المظهر من ميكانيك كموميّ الذي أقلق ‹أينشتاين› و ‹بودولسكي› و ‹روزين›، أي: التشابك. لنتذكر أن التشابك عبارة عن تراكب حالتين مثال ذلك عندما يكون السپين لإلكترون أوّل في الحالة فوق، بينما يكون في الحالة تحت لإلكترون آخر، والعكس بالعكس. تخيل وجود إلكترونين منفردين في موقعين مختلفين للحديد. من حيث المبدأ، فإن الإلكترونات **غير متمايزة** indistinguishable، وهذا يعني أنه من المستحيل معرفة أي من الإلكترونين في الحالة فوق وأيهما في الحالة تحت؛ فالاحتمال هو نفسه لكلا الإلكترونين أن يكون كل منهما في أي من الحالتين. وكل ما نستطيع قوله هو أننا إذا ما وجدنا – بالقياس – أن أحد الإلكترونين في الحالة فوق، فإن الإلكترون الآخر يكون حتما في الحالة تحت. فالإلكترونان مرتبطان بشكل معكوس: فإذا عرفنا الحالة الكمومية لأحدهما، فإننا نعرف الحالة الكمومية للآخر.

لا تبدو فكرة التشابك للوهلة الأولى غريبة. **فالترابط العكسي** anti-correlation أمر شائع: فإذا قمت بوضع فردةٍ من فردتي حذاء أمام الرواق والفردة الأخرى بالقرب من الباب الخلفي، ثم وجدت الفردة اليسرى منه في أحد المكانين فليس من الغريب أن تعرف أن الفردة الأخرى هي اليمنى. ومع ذلك، فإن الوضع الكمومي يختلف من حيث الجوهر. ففردة الحذاء تكون إمّا يمنى أو يسرى ولا اتجاه لها غير ذلك بقطع النظر فيما إذا كنت تعرف هذا الاتجاه أم لا، بينما لا يمتلك الإلكترون سپينا ثابتا قبل عملية القياس. (لو كان هكذا لاستطعنا الجزم بذلك عبر القيام بمتتالية محدّدة من عمليات القياس المختبري.) بمعنى آخر، فإن سپين الإلكترون يكون في الحالة فوق والحالة تحت في الوقت ذاته ويظلّ كذلك إلى أن نجبره على الاختيار.

واللغز هو كيف تبقى الإلكترونات مترابطة عكسيا. فعندما يختار الإلكترون الأوّل إحدى حالتي السپين له، يختار الإلكترونُ الآخر الحالةَ الأخرى. كيف يتأتى لهما اختيار الاتجاهين المتضادّين؟ يبدو أن المعلومات المتعلقة بالحالة الكمومية للذرة 1 تعرفها آنيا الذرة 2، بغضِّ النظر عن البعد بينهما. وفي الحقيقة، لا يمتلك أيّ من الذرتين حالة كمومية خاصّة به؛ وحده زوج الذرات يمتلك ذلك. وهذه هي **اللامحلية** nonlocality، الفعل الشبحي عن بعد، التي لم يستسغها ‹أينشتاين› البتّة.

وسواء أكانت اللامحلية مستساغة أم لا، فقد تم التحقق من صحتها تجريبيا مرات عديدة. وقد أبرز <آينشتاين> وزملاؤه المؤلفــون بوضوح أكثر جانبا غير متوقع ومضادا للبديهة في الميكانيك الكموميّ . وقد بدأ الفيزيائيون خلال العقد المنصرم بــإدراك قدرة هذا الجانب على تفســير الخصائص العجيبة للمعادن الغريبة. فبالقرب من النقطة الحرجة-الكمومية تتوقف الإلكترونات عن الســلوك المســتقل أو حتى السلوك كأزواج، وإنما تصبح مشتبكة بشكل جمعي. ومجموعة الحجج ذاتها التي طبقها <آينشــتاين> وزملاؤه على إلكترونين تنطبق الآن علــى العــدد 10^{23} من الإلكترونــات جميعهــا. فالإلكترونان المتجاوران يتشابكان معا ويؤلّفان زوجا؛ وهذا الزوج يتشابك بالتالي مع زوج آخر مجاور له، وهكذا، مما يؤدي إلى تشكيل شبكة هائلة من الروابط والصلات البينيّة .

والظاهرة نفسها تحصل لمواد أخرى كذلك. يشكّل تصنيف ووصف مثل هذه الحالات من التشابك التحديَ الصعب الذي نواجهه في وضع نظريــة تصف المواد الجديدة. ذلك أن هذه الشــبكة تبلغ من التعقيد حدا يقع خارج قدرتنا على الوصف بشكل مباشر.

لقــد اعتدت مع زملائي على القلق من احتمال عدم معرفة نظريــة لهذه الأطوار الكمومية للمادة إلــى الأبد. هكذا كانت عليه الحال قبل تعرف نظرية الأوتار.

متشابكة في الأوتار(*)

ظاهريــا يبدو عدم وجــود صلة بين نظريــة الأوتار وحالات تشابك العديد من الإلكترونات. فنظرية الأوتار تتضمّن **أوتارا ميكروسكوبية (مجهرية)** microscopic strings تهتز مثل أوتار الگيتار الصغيرة؛ وتمثّل أنماط الاهتزاز المختلفة جســيمات أولية مختلفة. وتتضح الطبيعة الوترية للمادة عند وجود طاقات عالية جــدا لا تتوافر إلاّ للحظات وجيزة بعد حدوث الانفجار الأعظــم أو بالقرب من الثقوب الســوداء العالية الكثافة. وفي أواســط تســعينات القرن المنصرم اتضح لفيزيائيي الأوتار، مثل <J. پولتشنســكي> [من معهد كاڤلي للفيزياء النظرية في جامعة كاليفورنيا ســانتاباربارا] أن نظريتهم تتنبأ بأشــياء أكثــر من مجرد أوتــار. فهي تتضمن أيضا وجود ســطوح تلتصق بها الأوتــار، كما تلتصق الحشــرات بورق الذباب، هذه السطوح تسمى: **غشائيّات** branes. وتمثّل هذه الأغشية مملكة فيزيائية ضخمة، تتجاوز الجسيمات ذات الطاقة العالية التي استُحْدِثت النظريةُ من أجلها.

بالنســبة إلينا، فإن ما يبدو جســيما – مجرد نقطة – قد يكون في الحقيقة نهاية وتر يتمطّط من **غشــائيّة** brane خلال بعد مكانيّ أعلى. فمن الممكن النظر إلى الكون إما على أساس أنه يتكون من جسيمات نقطية تتحرك في فضاء رباعي الأبعاد بمجموعة معقّدة من التآثرات بين الجســيمية أو على أساس أنه يتكون من أوتار تتحرك في فضاء زمكاني خماسي الأبعاد وملتصقة بالأغشية. فهذان منظوران يمثلان وصفين متكافئين، أو ثنويّــين، للوضع ذاته. ومن الملفت للنظر أن هذين الوصفين يكمل أحدهما الآخر. فعندما يكون الوصف الجسيمي معقدا بشــكل كبير، يكون الوصف الوتري سهلا. وعلى العكس من ذلك، فعندما يكون الوصف الجســيمي سهلا يكون الوصف الوتري بالغ التعقيد.

وبالنسبة إلى ما أهدف إليه، فإن وصف الأوتار الراقصة فــي فضاء زمكاني بأبعاد عالية غيــر ذي أهمية. ولا يعنيني فيما إذا كانت نظرية الأوتار تمثل التفســير الصحيح لفيزياء الجســيمات عند الطاقات العالية جدا. المهم بالنسبة إليّ هو أن فكــرة الثّنوية هذه تمكّنني من الاســتعاضة عن مســألة رياضياتية شديدة التعقيد بأخرى سهلة.

وحتى سنوات قليلة ماضية كنت معتادا على حضور لقاءات علمية لفيزيائيي المادة الكثيفة كنّا نتحاور فيها حول الحالات الكمومية المتشــابكة التي تشــكّلها الإلكترونات في البلورات المكتشفة حديثا. أما في الوقت الحاضر فأجد نفسي أرشف القهوة مع أصحاب نظرية الأوتار محاولا اســتيعاب وصفهم المجــرد والتخيّلي للأوتار والأغشــية، وتطبيــق هذه الأفكار علــى قضايا واقعيّة وعمليّة تنتج من قياســات مختبرية على المــواد الجديدة. إضافة إلى ذلك، فإن هــذا عبارة عن طريق بمســارين. فأنا أرى أن حدســنا وخبرتنا التجريبية المتعلقة بالأطوار الكمومية للإلكترونات تساعد النظريين الوتريين على وصف الثقوب السوداء وغيرها من الظواهر الغريبة.

وعندما تكون درجة التشابك بين الإلكترونات في البلورات محدودة، فإن وصفها الجسيمي يبقى ملائما (إما باعتبارها إلكترونات منفردة أو إلكترونات متجمّعة بشكل أزواج)، ولكن عندما تكون أعــداد هائلة من الإلكترونات في حالة تشــابك قــويّ معا، فلا يمكــن أن ننظر إليها كجســيمات، وتصارع النظرية التقليدية كثيرا للتنبؤ بما يحدث هنا. أما في مقاربتنا الجديــدة، فإننا نصف هذه النّظم بدلالة أوتار تتحرك في بعد إضافيّ للمكان.

وقد قام زميلي <B. ســوينگل> [مــن جامعة هارڤارد] بعمل تشــابه جزئيّ بين البعد المكانيّ الإضافي وشــبكة التشابكات الكمومية [انظر الإطار في الصفحتين 64 و 65]. ومن الناحية الرياضياتية، تُماثِل الحركة للأعلى أو للأسفل

(*) TANGLED UP IN STRINGS

ضمـــن هذه الشـــبكة – مجرّدَ حركةٍ في المـــكان. فالأوتار تســـتطيع التلوّي والالتحام معا في البعد الإضافي، وهذه الحركة تعكس التشـــابك المتنامي للجسيمات. وباختصار، فإن الارتباطات الشـــبحيّة التي أرّقت <آينشـــتاين> تصبح مفهومة عندما تنظر إلى درجة التشابك على أنها مسافات في البعد المكاني الإضافي.

قرابة غريبة(*)

إن الميزة العمليـــة لهذه الثّنويّات هي أن النظريين الوتريين قد شيدوا مكتبة ضخمة من الحلول الرياضياتية لمسائل تمتد من ديناميكا الجســـيمات في أتون الانفجار الأعظم إلى تموجات الحقول الكمومية عند أطراف الثقوب الســـوداء. والفيزيائيون منّا الذين يدرســـون أطـــوار المادة الكمومية يســـتطيعون أن يذهبوا إلى المكتبة بحثا عن حلول ممكنة لمســـألة مخصوصة ثمّ يقومون بترجمتها (بالاستناد إلى رياضيات الثّنويّات) من الوضع الوتري إلى الوضع التشابكيّ.

نمطيّـــا، نركّز عادة على حالة الطاقـــة الأدنى عند الصفر المطلق، ولكننا نســـتطيع بســـهولة وصف المادة عند درجات حرارة أعلى من الصفر باســـتخدام تقنيـــة قد تبدو صارمة: حيث نتخيل إضافة ثقب أســـود إلى الوضع الوتري. وحقيقة أن الثقوب الســـوداء معتبـــرة في هذا الســـياق تبيّن كم هي اســـتثنائية هـــذه الثّنويّات. ولا أحد يقتـــرح حرفيا أن أطوار المـــادة الكمومية تتضمن ثقوبا ســـوداء؛ حيث إن الصلة أكثر عمقا. فقـــد بيّن <S. هوكنگ> [من جامعة كامبردج] وبشـــكل جليّ أن هناك درجة حرارة مصاحبة لكل ثقب أســـود. ويبدو الثقب الأسود من الخارج كما لو كان فحما ساخنا متوهجا. وبموجـــب منطق الثّنويّة، فينبغي لمنظومة المادة الكثيفة المقابلة أن تكون ســـاخنة أيضا، مما يؤدي إلـــى تحويل موجة كثافة السپين أو موصل فائق إلى حالة المعدن الغريب.

لقد أدت هذه الطرق إلى شـــيء من التقدم في فهم المعادن الغريبـــة وحالات أخرى للمـــادة، ولكن تأثيرهـــا الأكبر كان في الانتقال مـــن المواد **ذات الميوعة الفائقـــة (فوق المائعة)** superfluid إلـــى العـــوازل. والمادة ذات الميوعة الفائقة تشـــبه المادة الفائقة الموصلية باســـتثناء أنها تتكون من ذرات معتدلة الشـــحنات الكهربائية؛ ومن ثم لا تتميز بكونها عديمة المقاومة الكهربائيـــة وإنما بكونها تســـيل دون احتكاك. وحديثا تمكن التجريبيـــون من تطوير طرائق جديدة لافتة للنظر لخلق موائع فائقة صناعية، حيث يستحدثون منظومة شبكيّة من الليزرات المتقاطعة ويســـكبون داخلها تريليونات من الـــذرات الباردة جدا. وفي البدء تســـلك هذه الذرات سلوك موائع فائقة؛ فهي تنتقـــل بحرية من موقع إلى آخر فـــي المنظومة. وعندما يقوم التجريبيـــون بتغيير شـــدة الليزر تقل قابليـــة الذرات للحركة ويتحول المائع الفائق إلى عازل بشكل فجائي.

يقـــوم التجريبيون بمتابعة عملية التحـــول هذه من خلال قياس كيفية ســـيلان الذرات عنـــد تعرضها لضغط خارجي. فهي تســـيل دون عائق في طور الميوعة الفائقة؛ بينما لا تكاد تتحرك في طور العزل؛ وعند نقطة الانتقال من الميوعة الفائقة إلى طور العزل تتدفّق هذه الذرّات ولكن بطريقة شـــاذة. فعلى ســـبيل المثال، عندما يزيل التجريبيون المؤثّرَ الخارجي تجنح الذرات إلى الســـكون بمعدّل يعتمد على درجة الحرارة وعلى ثابت پلانك – الثابت الأساسيّ في النظرية الكمومية – الذي لا يظهر في ســـلوك الأطوار الأخرى. وقد قمنا بتفســـير هذا الســـلوك بتخيل المائع في الحالة الكمومية-الحرجة على أنه الحالة الثنوية – أو المقابل الوتريّ – لثقب أسود.

وهناك جوانب ســـلبية لفكرة الثنويّة. فبطبيعتها نتمكن من تحويل مســـألة معقدة إلى أخرى ميســـورة. بيد أننا لا نريد دوما مثل هذا التحويل، وإنما نريد أيضا فهم ماهية التعقيد. فالثّنوية عبارة عن صندوق رياضياتي أســـود يتركنا إلى حد ما، في جهل من فهم تفاصيل حالات التشـــابك المعقدة أو عن كيفية حدوث هذه الحالات في المادة الفعلية. وفي الحقيقة، فإن هذا الفهم ما زال في مرحلة بدائية. وبالنسبة إلى الفيزيائيين منّا المعتادين على التفكير بديناميك الإلكترونات في البلورات، فإن نظرية الأوتار قد أعطت منظورا جديدا لديناميك الحالات الكمومية المعقدة ذات الصلة بالتشابك. وبالنسبة إلى أصحاب نظرية الأوتـــار، فقد أثير اهتمامهم بأطـــوار المادّة الكمومية، وهي ظواهر بعيـــدة جدا عن فيزياء الكون في مراحله المبكرة أو عن تلك المتعلقة بمسرّعات الجسيمات ذات الطاقة العالية. وقـــد أبان لنا التلاقي الغريب لهذين التيارين من الفكر وحدةَ الطبيعة الرائعة. ■

(*) STRANGE COUSINS

مراجع للاستزادة

Solving Quantum Field Theories via Curved Spacetimes. Igor R. Klebanov and Juan M. Maldacena in Physics Today, Vol. 62, No. 1, pages 28–33; January 2009. http://dx.doi.org/10.1063/1.3074260

Entanglement Renormalization and Holography. Brian Swingle. Submitted to arxiv.org on May 8, 2009. http://arxiv.org/abs/0905.1317

What Black Holes Teach about Strongly Coupled Particles. Clifford V. Johnson and Peter Steinberg in Physics Today, Vol. 63, No. 5, pages 29–33; May 2010. http://dx.doi.org/10.1063/1.3431328

Quantum Criticality. Subir Sachdev and Bernhard Keimer in Physics Today, Vol. 64, No. 2, pages 29–35; February 2011. http://arxiv.org/abs/1102.4628

What Can Gauge-Gravity Duality Teach Us about Condensed Matter Physics? Subir Sachdev in Annual Review of Condensed Matter Physics, Vol. 3, pages 9–33; March 2012. http://arxiv.org/abs/1108.1197

Scientific American, January 2013

تتمة الصفحة 59 (بذور الخرف)

ما وراء داء ألزهايمر(*)

نادرا ما تترك الطبيعة فرصة لا تستغلها للاستفادة من آلية ما لأغراض متعددة، وظاهرة تكدس البروتين المنبذر لا تشذ عن هذه القاعدة. فهذا التكدس لا يظهر في الأمراض وحسب، بل يظهر في عمليات مفيدة أيضا. ففي تسعينات القرن العشرين، على سبيل المثال، قدم ‹R. ويكنر› [من المعهد الوطني للصحة (NIH)] طرحا يفيد بأن بعض البروتينات الفطرية تستعمل هذه الاستراتيجية خدمة لبقاء الخلية، وهو افتراض تأكدت صحته الآن في مختبرات عديدة. وإلى جانب ذلك، فإن ‹S. ليندكويست› [من معهد ماساتشوستس للتقانة] و‹E. R. كاندل› [من جامعة كولومبيا] يدعمان فرضية مثيرة للاهتمام تفيد بأن انتشار بعض أشباه البروتينات النوعية، بطريقة تشبه انتشار البريونات، يساعد على استقرار الدارات الدماغية، ويسهم من خلال ذلك في الحفاظ على الذكريات الطويلة الأمد.

غير أن حصة الأسد من البحوث التي أُجريت، حتى الآن، تشير إلى ذلك الدور الذي يؤديه تكدس البروتين المنبذر في إحداث المرض. وتتضمن البروتينات المتورطة في الاضطرابات الدماغية عبر تكدسها المنبذر ما يلي: **ألفا-سانكليئين** α-synuclein (داء باركنسون)، **وما فوق أكسيد الديسموتاز-1** superoxide dismutase-1 (التصلب الجانبي الضموري)، و**TDP-43**[1] (التصلب الجانبي الضموري والخرف الجبهي الصدغي)، وهونتنكتين (داء هونتنكتون)، والتاو (عدد من الأمراض العصبية التنكسية). وتجدر الإشارة إلى أن كثيرا من الأمراض العصبية التنكسية الأخرى تنطوي على التكدس البروتيني، وسيكون مهما أن نرى فيما إذا كان مبدأ البذر ينطبق عليها.

وفي تطور جديد، اكتشف الباحثون أن بعض البروتينات المشاركة في تنظيم عمل الجينات تشتمل على نطاق خاص بشبيه البريون يتكون من مجموعة من الحموض الأمينية التي تمكن بروتينا ما من إنتاج بنيته ذاتها في جزيئات شبيهة. وتميل هذه البروتينات بحكم طبيعتها إلى التكدس، وهي نزعة يمكنها أن تزداد بفعل طفرات معينة. وقد أفاد فريق بحثي برئاسة ‹J. P. تيلر› [من مستشفى الأطفال البحثي «سانت جود» في ممفيس] و‹J. شورتر› [من جامعة بنسلڤانيا] بأن هناك طفرات تحدث في نطاقات شبيه البريون للحمض النووي الرابط للبروتين hnRNPA2B1 والبروتين hnRNPA1 وتسبب اعتلالا بروتينيا متعدد الأجهزة، أي هو داء مركب يصيب الجهاز العصبي والعضلات والعظام. إضافة إلى ذلك، فإن التكدس المنبذر قد تم إثباته تجريبيا على بروتينات أخرى تسبب اضطرابات خارج الجهاز العصبي، كبعض أنواع الداء النشواني، على سبيل المثال. وهكذا، فإن طيف الاضطرابات العائدة لانتشار البروتينات شبه البريوني قد يستمر بالنمو والاتساع.

وإذا كنا نريد تطوير طرق علاجية انطلاقا من فهمنا المتزايد لمفهوم البذْر، فإنه يتعين علينا إثبات كيف تُلحِق البروتينات ذات التطوي الخاطئ الأذى بالخلايا والأنسجة، فمثل هذه المعلومات قد تساعد على إيقاف الضرر، على الرغم من الصعوبة المعروفة في وضع حد للتكدس البروتيني ذاته غير المرغوب فيه. وقد أظهرت البحوث أن البروتينات المتكدسة يمكنها إلحاق العجز بالخلايا بطرق عدة، بدءا بالتأثير السمي للمواد المتكدسة على مكونات الخلية، وانتهاء بمنع البروتينات الطبيعية من الوصول إلى مواقع عملها المعتادة. وفي الوقت نفسه، يتعين علينا أيضا أن نفهم فهما أفضل كيف تنشأ البروتينات المرضة وتتقوض، وأن نفهم كذلك الشروط اللازمة لتطويها الخاطئ ولتشكيلها للبذور. أما استبصاراتنا الأخرى بشأن تفاقم المرض فتأتي بالتأكيد من توضيح كيفية التقاط ونقل وإطلاق الخلايا للبذور البروتينية. وهناك أخيرا سؤال حاسم ومفتوح هو: لماذا يرفع التقدم بالعمر درجة خطر الإصابة بالأمراض العصبية التنكسية بشدة؟ إن الإجابات عن هذا السؤال يمكن لها أن تفتح طرقا جديدة للقضاء على البروتينات المرضة.

وللأدلة ثقلها، فهي تُرجّح يوما بعد يوم الفكرةَ غير التقليدية القائلة إن تغيرا بسيطا في الشكل يمكنه أن يحول البروتين من صديق إلى عدو. وفي محاضرة جائزة نوبل التي قدم فيها توصيفا لاكتشاف البريونات، تنبأ ‹بروزينر› بأن العملية الأساسية، التي تفرض فيها البريونات المنخرطة في مرض جنون البقر والأمراض الأخرى ذات الصلة خصائصها السامة على البروتينات الطبيعية، هي عملية قد يتم إثباتها مستقبلا في الأمراض التنكسية الأخرى أيضا. لقد شهد العقد الماضي التأكيد التجريبي لصحة هذا التنبؤ. وبالفعل، فإن تكدس البروتين المنبذر شبيه البريون قد يفسر منشأ بعض الأمراض المخيفة عند المسنين، مما يؤسس لإطار عمل مفهومي مقنع، يمكن في يوم ما أن يُترجم إلى معالجات تغير السير المتفاقم بلا شفقة للأمراض العصبية التنكسية. ■

(*) BEYOND ALZHEIMER'S

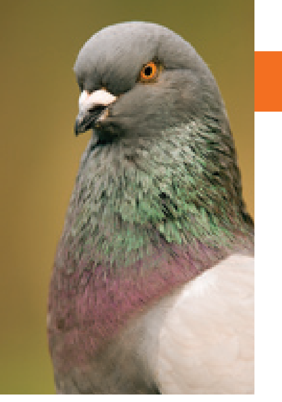
(١) TAR DNA-binding Protein 43: وهو مثبط للانتساخ المرتبط بالدنا.

مراجع للاستزادة

Pathogenic Protein Seeding in Alzheimer Disease and Other Neurodegenerative Disorders. Mathias Jucker and Lary C. Walker in Annals of Neurology, Vol. 70, No. 4, pages 532–540; October, 2011.

Prion-Like Spread of Protein Aggregates in Neurodegeneration. Magdalini Polymenidou and Don W. Cleveland in Journal of Experimental Medicine, Vol. 209, No. 5, pages 889–893; May 7, 2012.

Scientific American, May 2013



قم بإجراء العمليات الحسابية

غرائز الحيوانات[*]

هل سائر المخلوقات أقدر منّا - نحن بني البشر - على إجراء الحساب؟

ثمة عددٌ من قصص الأخبار الحديثة تحمل رسالة تؤيد هذا التساؤل، مفادها: أن الحيوانات تدرك بفطرتها عمليات حسابية معيَّنة بصورة أفضل مما يدركها البشر. وتَلقى مثل هذه القصص اهتماما دائما كالذي تستقطبه «صحف الأحد»، ولكن هل تَفوق قدراتُ الحيوانات في الحساب حقّا قدرات بني البشر؟ قد يكون من المفيد تدقيق النظر في بعض هذه الادِّعاءات.

وفي حل «**مسألة مونتي هول**»[1] الذائعة الصيت، التي سُمِّيت باسم برنامج التلفاز الترفيهي، يبدو المتسابقون أقلَّ شأنا في التفكير الرياضياتي قياسا بالحَمَام. إذ إنَّ على المتسابق في هذا البرنامج أن يختار أحدَ أبواب ثلاثة، خلف أحدها جائزة. وبعد أن يُحدِّد المتسابقُ اختيارَه، يَفتح مُضيفُ البرنامج أحدَ البابَيْن المغلقَيْن المتبقيين، وهو على يقين بأن الجائزة ليست خلف هذا الباب الذي فتحه. فهل ينبغي أن يغيِّر المتسابقُ اختيارَه إلى الباب المغلق المتبقي؟ إن معظم المتسابقين يفضِّلون البقاء على اختيارهم الأصلي، علما بأن تغيير اختيارهم سيزيد فرصةَ نجاحهم من 1/3 إلى 2/3. (لأن احتمال أن يكون الاختيارُ الأصلي للمتسابق صحيحا هو 1/3، وهذا الاحتمال لا يتغيَّر.) ومع أن إجراء هذه المسابقة مرات كثيرة كان فرصة ثمينة للتنبُّه إلى أن تغيير الاختيار يضاعف فرصَ الفوز، فإن دراسة حديثة أشارت إلى أن الأشخاص الذين غيَّروا اختيارَهم كانوا بنسبة 2/3 فقط. في حين أن الحمام كان أداؤها أفضل؛ فبعد بضع محاولات، تتعلَّم هذه الطيور أن تغيِّر اختيارها في كلِّ مرة.

إنها تتعلَّم، هذا صحيح؛ ولكن هل تقوم بإجراء الحساب أو تدرك؟ لا أبدا. إنها - وبحكم كونها كائنات **تجريبية أو تخبُرية**[2] empiricists جيدة - تَتْبع ببساطة الدليل. أما البشر فإنهم، في المقابل، يُفْرِطون في التحليل فيَصلون إلى حالة ارتباك.

وثمة مثال آخر يُظهر ما يبدو أنه فطنة الحيوانات، وهو أن النحل تكتشف أقصر مسار يربط زهرات عديدة في مرج أخضر. وبافتراض أن المسار الذي تتبعه النحل هو الأمثل (وأن الطريقةَ الوحيدة لتأكيد هذا الاكتشاف هي سبر جميع المسارات الممكنة)، فلا يمكن القول إنها تمكَّنت من تحقيق اكتشافها من خلال إجراء حسابات لوغاريتمية عامة، فتحديد المسار مهمةٌ ترقى في تعقيدها إلى مصافِّ المسائل المستعصية الحل عمليّا، والتي يُطلق عليها اسم **حدودية غير حتمية** NP-hard. إن المسارَ الذي تسلكه النحل قد يكون في الأعم الأغلب أفضلَ تقريب للمسار الأقصر، ولكن ليس ثمة سببٌ وجيهٌ للاعتقاد أن النحل سوف تُعطي دائما مقاربة بهذه الدقة، ناهيك عن إعطاء الحل الأمثل لجميع أماكن الأزهار غير المحدودة العدد.

وهناك مبالغةٌ مماثلةٌ تَرِد في مقالات تتحدَّث عن قدرة مزعومة للكلاب تستطيع بها إجراء الحسابات، وعن معرفة العناكب الخطوطَ الجيوديسية (هذا فضلا عن دراية الأخطبوط بنتائج لعبة كرة القدم). ومع أن جميع هذه النتائج (باستثناء الأخيرة) ذاتُ فائدة علمية حقيقية، فإنها - ويا للأسف - غالبا ما توصَف بأنها أمثلةٌ تدلُّ على الفهم. ومع التلميح أن غرائز الحيوان الفطرية تفوق محاولات الإنسان غيرَ الفعالة في العمليات الحسابية، فإن بعض التقارير الصحفية تكشف عن انحياز معاد للتفكير. فيبدو أنهم يتساءلون: «ما نَفْعُ خوارزمياتنا الجامدة ودراسة الاحتمالات وحساب التفاضل والتكامل والهندسة، في الوقت الذي تستطيع فيه الحمامُ والنحل والكلاب والعناكب أن تؤدي العمليات الرياضياتية من دون تفكير؟» ■

*د. A. **پولوس**، أستاذ الرياضيات بجامعة تمْبل.*

(*) ANIMAL INSTINCTS

(1) Monty Hall Problem

(2) التجريبية empiricism: مذهبٌ يَعتمد على التجربة العملية بدلا من النظريات، ويَقْصُرُ المعرفة على ما يمكن إدراكه بالاختبار الحسِّيّ.

كَشّاف موضوعات مجلة العلوم 2013

نورد في هذا الكشاف المقالات التي نشرت في **العلوم** خلال **عام 2013 (المجلد 29)**، ونضع إلى يسار عنوان كل مقالة: **رقم العدد... – رقم الصفحة**..
وقد جرى ترتيب هذه المقالات **ألفبائيا** ضمن تخصصاتها المعروضة في الإطار أدناه، مرتبة **ألفبائيا** أيضا بعد إهمال «**أل**» **التعريف وكلمة** «**عِلْم**» **ومشتقاتها**:

SCIENTIFIC AMERICAN

EDITOR IN CHIEF: Mariette DiChristina
MANAGING EDITOR: Ricki L. Rusting
CHIEF NEWS EDITOR: Philip M. Yam
SEnIor writeR: Gary Stix
EDITORS: Davide Castelvecchi, Graham P. Collins, Mark Fischetti, Steve Mirsky, Michael Moyer, George Musser, Christine Soares, Kate Wong
CONTRIBUTING EDITORS: Mark Alpert, Steven Ashley, Stuart F. Brown, W. Wayt Gibbs, Marguerite Holloway, Christie Nicholson, Michelle Press, John Rennie, Michael Shermer, Sarah Simpson

ASSOCIATE EDITORS, ONLINE: David Biello, Larry Greenemeier
NEWS REPORTER, ONLINE: John Matson
ART DIRECTOR, ONLINE: Ryan Reid

ART DIRECTOR: Edward Bell
ASSISTANT ART DIRECTOR: Jen Christiansen
PHOTOGRAPHY EDITOR: Monica Bradley

COPY DIRECTOR: Maria-Christina Keller

EDITORIAL ADMINISTRATOR: Avonelle Wing
SENIOR SECRETARY: Maya Harty

COPY AND PRODUCTION, NATURE PUBLISHING GROUP:
SENIOR COPY EDITOR, NPG: Daniel C. Schlenoff
COPY EDITOR, NPG: Michael Battaglia
EDITORIAL ASSISTANT, NPG: Ann Chin
MANAGING PRODUCTION EDITOR, NPG: Richard Hunt
SENIOR PRODUCTION EDITOR, NPG: Michelle Wright

PRODUCTION MANAGER: Christina Hippeli
ADVERTISING PRODUCTION MANAGER: Carl Cherebin
PREPRESS AND QUALITY MANAGER: Silvia De Santis
CUSTOM PUBLISHING MANAGER: Madelyn Keyes-Milch

PRESIDENT: Steven Inchcoombe
VICE PRESIDENT, OPERATIONS AND ADMINISTRATION: Frances Newburg

VICE PRESIDENT, FINANCE AND BUSINESS DEVELOPMENT: Michael Florek
BUSINESS MANAGER: Marie Maher

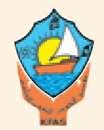
Letters to the Editor

Scientific American
75 Varick Street, 9th Floor,
New York, NY 10013-1917
or editors@SciAm.com

Letters may be edited for length and clarity. We regret that we cannot answer each one. Post a comment on any article instantly at www.ScientificAmerican.com/sciammag

Majallat AlOloom November / December - 2013 Volume 29 Number 11/12 SCIENTIFIC AMERICAN



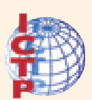


مؤسسة الكويت للتقدم العلمي(*)

Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences (KFAS)

تُجدد اتفاقيتها الموقعة عام 1983 مع

مركز **عبدالسلام** الدولي للفيزياء النظرية
تريستا (إيطاليا)



The Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP)(**)
Trieste - Italy

بدعم مالي سنوي قدره مئة ألف يورو، تم تجديد هذه الاتفاقية لمتابعة إسهامات المؤسسة في دعمها مشاركة الباحثين العلميين العرب بدولة الكويت والدول العربية الأخرى في أنشطة المركز العلمية التالية:

1- Post-doctoral Fellowship :
زمالة البحث هذه، مدتها سنة وتمنح لباحث عربي شاب، يعمل في دولة الكويت وحصل حديثا على الدكتوراه في أحد مجالات تخصص المركز ICTP.

2- Diploma Students Programme :
منَحٌ سنوية لثلاثة طلبة عرب للمشاركة في ICTP Postgraduate Programme.

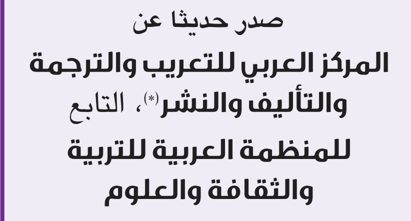
3- Abdus Salam Lectureship :
سلسلة محاضرات سنوية مدتها أسبوع يلقيها باحث علمي معروف عالميا، ويعرض فيها أهم التطورات العلمية الحديثة.

4- Supporting Scientists from Arab Countries to participate in the activities announced in ICTP's Scientific Calendar:
دعم زيارة المركز ICTP من قبل الباحثين العلميين في الوطن العربي للمشاركة في الأنشطة العلمية لهذا المركز والمعلن عنها في أجندته العلمية.

لمزيد من المعلومات حول هذه الاتفاقية يرجى الاتصال بالمؤسسة **KFAS** أو بالمركز **ICTP**.

(*) **ص.ب 36252 الصفاة 31131 الكويت**
هاتف: 41407222 (569+)
فاكس: (965+)11407222
wk.gro.safk@pio:liam-E
gro.safk.www

(**)ylatI ,etseirT 41043 ,11areitsoC adartS
361 422 040 93+ xaF ;111 0422 040 93+ .leT
ti.ptci.www ,ti.ptci@ofni_ics



صدر حديثا عن

المركز العربي للتعريب والترجمة والتأليف والنشر(*)، التابع **للمنظمة العربية للتربية والثقافة والعلوم**

كتاب

الكيمياء الحيوية السريرية

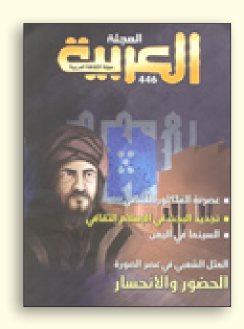


إعداد
أ. د. **يوسف أحمد بركات**

الإشراف والتدقيق
أ. د. **زيد إبراهيم العساف**

يتضمن هذا الكتاب عرضا مختصرا وافيا لأهمية الاختبارات الكيميائية الحيوية في الممارسات الطبية، تشخيصاً وإنذاراً وتدبيراً وكشفاً مبكراً للاختلاطات. ويبدأ الكتاب بعرض لأهمية هذا العِلم واختصاصاته ولطرق الاعتيان من المريض وكذلك أنواع الاختبارات الكيميائية الحيوية وأسباب تغيراتها، الفيزيولوجية والمرضية، ومواضع الخلل واحتمالات الخطأ فيها. ومن ثم ينتقل الكتاب إلى عرض الاختبارات التي تقيِّم مكونات الدم البروتينية والأمراض التي تحدث فيها تبدلات تَظهَر في نتائج الاختبارات.

(*) العفيف - جادة عبد ربه - رقم 2
ص.ب: 3752، دمشق - سوريا
هاتف: 00963 11 3334876
فاكس: 00963 11 3330998
الموقع الإلكتروني: www.acatap.org
البريد الإلكتروني:
acatapalecso@gmail.com



ترحب **مجلة العلوم** بصدور العدد 446 من «مجلة الثقافة العربية» الزميلة الغراء «**المجلة العربية**»(*)، التي تسعى جاهدة منذ نشأتها عام 1975 إلى أن تكون بحق «**مجلة كل العرب**». ويتجلى ذلك فيما تطرحه من موضوعات ثقافية شاملة، تتصدرها **افتتاحية** تتناول شؤونا ثقافية، آنية وعامة، إضافة إلى «**قضية العدد**»، وفيها تناقش نخبة من المثقفين قضايا ثقافية تشغل العالم العربي. وفي كل عدد من أعداد «**العربية**» **أبواب ثابتة** مخصصة للدراسات والآراء؛ ومساحات رحبة تشجع المشاركات الإبداعية لقراء المجلة، إضافة إلى **باب الحوار** الذي يعكس صدى ما يُنشر بأقلام قرائها.

ومن الموضوعات الكثيرة المطروحة في هذا العدد 446:

- الافتتاحية بعنوان: **التحول إلى مجتمع المعرفة.**
- **الرافعي والعقاد.** أعنف المعارك في القرن العشرين.
- **الجواهري في حضرة أبي العلاء.**
- **عصرنة الفلكلور.** فرقة فهد العبدالله للفنون اللبنانية.
- **احتفاء سعودي باليوم العالمي للغة العربية.**
- **الثقافة والإعلام وأسئلة التكامل.**
- **رحيل الشاعر المقاوم أحمد فؤاد نجم.**
- **إنقاذ لغتنا.**

(*) **المجلة العربية**
مجلة ثقافية شهرية تأسست عام 1975م
تصدر في **الرياض - السعودية**
ص.ب. 5973، الرمز البريدي 11432
هاتف: 96614778990+
بريد إلكتروني: info@arabicmagazine.com